



ESCUELA DE POSTGRADO

MAESTRÍA EN INVESTIGACIÓN DEL HABITAT Y LA VIVIENDA SUSTENTABLE

**APORTES AL DISEÑO DE ESPACIOS ENERGÉTICAMENTE EFICIENTES EN
EDIFICIOS EXISTENTES. RECICLANDO EL EDIFICIO DE POSTGRADO DE LA
UNIVERSIDAD AMERICANA CONFORME PARÁMETROS FÍSICOS
BIOCLIMÁTICOS**

Ing. Sofía Fabiana Duré Ruiz Díaz

Asunción, Paraguay

Año: 2021

Ingeniero Industrial Sofía Fabiana Duré Ruiz Díaz

Aportes al diseño de espacios energéticamente eficientes en edificios existentes

Reciclando el edificio de postgrado de la Universidad Americana conforme parámetros

Tesis preparada a la Universidad Americana como
requisito parcial para la obtención del título de
Magíster en Investigación del Hábitat y la Vivienda
Sustentable.

Tutor/a: Dr. Arq. Silvio Ríos

Asunción, Paraguay

Año: 2021

Ing. Sofía Fabiana Duré Ruiz Díaz

Aportes al diseño de espacios energéticamente eficientes en edificios existentes

Reciclando el edificio de postgrado de la Universidad Americana conforme parámetros

Total, de páginas: 133

Tutor: Dr. Arq. Silvio Ríos

Tesis académica de Maestría en Investigación del Hábitat y la Vivienda Sustentable

Universidad Americana, Paraguay, Año 2021

Áreas temáticas:

Arquitectura, Ingeniería, Economía, Agronomía

Código de biblioteca:

Aportes al diseño de espacios energéticamente eficientes en edificios existentes
Reciclando el edificio de postgrado de la Universidad Americana conforme parámetros

Esta tesis fue evaluada y aprobada en fecha 28/04/2021 para la obtención del título de Máster en Investigación del Hábitat y la Vivienda Sustentable por la Universidad Americana

Miembros de la Mesa Examinadora:

Nombre

Firma

Prof. Carlos Eduardo Dos Santos Leal

.....

Prof. Gloria Aquino

.....

Prof. Julio Diarte

.....

Dedico esta tesis a:

Mi esposo Juan Manuel García Rangel quien me
ha apoyado y acompañado en todo momento
y a mis padres por enseñarme que siempre hay
que seguir adelante.

Agradezco a Dios por sobre todas las cosas,
Por darme salud en estos tiempos tan difíciles,
A mi esposo e hijo que me han apoyado,
Aguantado y sostenido a lo largo de la maestría.
A mis compañeros de clase, por estar ahí
siempre, sobre todo a la Arq. Analía Villalva
quien me estuvo apoyando y ayudando en todo momento.
A mi tutor de tesis el Dr. Silvio Ríos,
Por la paciencia y dedicación para la elaboración
Y culminación del trabajo de tesis.

“Sé el cambio que quieres ver en el mundo”

M. Gandhi

Índice

Índice de Gráficos.	12
Resumen	16
Abstract.....	17
Objetivo General.....	18
Objetivos Específicos	19
Planteamiento del Problema	19
Justificación.....	20
Capítulo I - Arquitectura Bioclimática y Eficiencia Energética	21
1.1 Análisis etimológico	21
1.2 Objetivos de la arquitectura bioclimática	23
1.3 Características en las que se basa la arquitectura bioclimática.	24
Capítulo II – Parámetros físicos en la arquitectura bioclimática	25
2.1 Mapa mental Parámetros físicos teniendo en cuenta el clima de asunción	25
2.2 Clima	26
2.2.1 Concepto	26
2.2.2 El clima en Asunción	27
2.2.4 Índice de radiación solar según la orientación solar.....	30
2.2.5 Trayectoria del Sol	32
2.2.5.1 Representación Gráfica del trayecto del sol en Asunción	32
2.2.5.2 Solsticio y Equinoccio en el hemisferio Sur.....	34
2.2.5.3 Solsticio	35
2.2.5.4 Equinoccio.....	36
2.3 Ventilación	38
2.3.1 Movimiento del aire.....	38

2.3.2 Renovación natural	39
2.3.3 Refrigeración natural	40
2.3.4 Aberturas	40
2.4 Vegetación	42
2.4.1 Beneficios.....	42
2.4.2 Proximidad de árboles respecto a los edificios.....	44
2.4.3 Los vientos dominantes	44
2.4.4 Tipos de Arboles según el clima	45
2.4.5 Paredes verdes - Ecosistemas Verticales	46
2.4.6 Ventajas de las paredes y techos verdes	46
2.4.6.1 Beneficios medioambientales.....	46
2.4.6.2 Beneficios económicos.....	47
2.4.6.3 Beneficios técnicos.....	47
2.4.6.3 Beneficios humanos.....	47
2.5 Asoleamiento	48
2.5.1 Soleamiento del Edificio.....	48
2.5.2 Energía solar de Onda Corta Incidente diaria promedio	49
2.5.3 Tabla de Sombras.....	50
2.5.4 Análisis de Sombras durante todo el año	51
2.5.5 Envolvente o cobertura.....	53
2.5.6 Materiales	53
2.5.7 Aislamiento	55
2.5.8 Generación de Energía	56
2.5.8.1 Energía alternativa de fuentes renovables	57
2.5.8.2 Energía solar fotovoltaica.....	59
2.5.8.3 Aplicaciones de la energía solar fotovoltaica	59
2.5.8.4 Eficiencia energética de los paneles fotovoltaica	60
2.6 Confort en el edificio.....	61
2.6.1 Bienestar higrotérmico	61
2.6.2 Temperatura adecuada del Aire para un estado de confort	63
2.6.3 Cuadro psicométrico de la Ciudad de Asunción	66

2.6.4 Humedad Relativa.....	67
2.6.5 Refrigeración.....	68
2.6.5.1 ¿Como funciona un aire acondicionado?	69
2.6.5.2 Aire Acondicionado tecnologia Inverter	71
2.6.5.3 Edificios Pasivos y Aires Acondicionados.....	72
Capitulo III – Cálculos Generales.....	74
3.1 Transferencia de calor a través de los materiales: paredes y ventanas.	74
3.1.2 Conductividad térmica de los materiales	74
3.1.3 Tabla de Datos y nomenclaturas.....	74
3.1.6 Cantidad de Calor transmitida por el material	76
3.2 Cálculo de cargas específicamente en AA.....	77
3.3 Análisis de confort.....	81
3.4 Balance térmico	82
3.4.1 3 Balance energético.....	82
3.4.2 Cálculo de Carga térmica en para en análisis de Aires Acondicionados.	84
3.5 Cálculos de paneles solares fotovoltaicos	86
3.5.1 Medidas existentes de los paneles solares fotovoltaicos detallados en milímetros.	87
3.5.2 Especificaciones Técnicas de paneles solares fotovoltaicos.....	88
3.5.3 Calculo para paneles solares en planta techo.....	88
Capítulo IV – Sustentabilidad.....	89
4.1 Ciclo de vida de los edificios	89
4.2 El valor vs el costo de un edificio.....	90
4.3 Criterios ambientales en las edificaciones.....	91
4.4 El diseño sustentable en arquitectura	94
4.5 Diseñar edificios en función de las condiciones del entorno.....	95
4.6 Normativas y certificaciones.....	95
4.6.1 Normas Paraguayas de Construcción Sostenible.....	95
4.6.2 Certificación LEED	96
Capítulo V - Propuestas.....	98

5.1 Propuesta de Diseño eficiente del edificio.	98
5.1.1 Análisis de la incidencia solar.....	99
5.2 Envoltente o protección	100
5.3 Paredes verdes.....	105
5.3.1 Sistema de Siembra.....	108
5.3.2 Estructuras de soporte para paredes verdes.....	109
5.4 Vegetación	111
5.5 Ventilación	113
5.6 Climatización.....	115
5.6.1 Sistemas de climatización	115
5.7 Paneles solares fotovoltaicos.....	117
Unidad VI – Resultados	121
6.1 Análisis o Discusión	121
6.2 Conclusiones	122
Bibliografía:	125

Índice de Gráficos.

GRÁFICO 1. Mapa mental. Parámetros Físicos en Arquitectura Bioclimática.	25
GRÁFICO 2. Mapa Climático de Sudamérica.	27
GRÁFICO 3. Temperatura máxima y mínima de la ciudad de Asunción.	28
GRÁFICO 4. Resumen Anual del del clima en Paraguay	29
GRÁFICO 5. Horas de luz en Paraguay durante todo el año.	30
GRÁFICO 6. Movimiento aparente del sol en la esfera celeste	31
GRÁFICO 7. Tabla de recorridos aparentes del sol a lo largo del año con las diferentes incidencias del sol según las estaciones.	32
GRÁFICO 8. Recorrido del sol en sitio determinado - Verano.	33
GRÁFICO 9. Recorrido del sol en sitio determinado - Invierno.	34
GRÁFICO 10. Recorrido del sol durante el solsticio de Verano (21 de diciembre).	35
GRÁFICO 11. Recorrido del sol durante el solsticio de Invierno (21 de junio)	36
GRÁFICO 12. Recorrido del sol durante el equinoccio de Otoño (21 de marzo).	37
GRÁFICO 13. Recorrido del sol durante el equinoccio de primavera 21 de septiembre.	38
GRÁFICO 14. Ventilación Cruzada - Renovación natural	39
GRÁFICO 15. Ventilación Natural - Refrigeración pasiva.	40
GRÁFICO 16. Sistema de aberturas para ventilación natural.	41
GRÁFICO 17. Sombras generadas por una fila de árboles frente a una edificación.	42
GRÁFICO 18. Efecto térmico causado por la vegetación aladaña a la edificación.	43
GRÁFICO 19. Árboles en las rutas estudiantiles para reducir las islas de calor	45
GRÁFICO 20. Ejemplos de Arboles según los espacios y el clima.	46
GRÁFICO 21. Tipos de radiación solar	49
GRÁFICO 22. Energía de onda corta incidente diario promedio.	50
GRÁFICO 23. Mejores disposiciones de una protección solar para una ventana	51
GRÁFICO 24. Tabla de sombras para la ciudad de Asunción durante el periodo de un año.	51
GRÁFICO 25. Radiación solar directa normal en Asunción.	52
GRÁFICO 26. Fotografía WTC Asunción. Edificio de Concreto y vidrio.	54
GRÁFICO 27. Fotografía Edificio Blue Tower junto al paseo la Galería Asunción. Edificio completamente vidriado.	55

GRÁFICO 28. Fotografía Edificio Banco Central de Paraguay. Protección solar en fachada.	
Aislante térmico	56
GRÁFICO 29. Módulo fotovoltaico para generar electricidad	61
GRÁFICO 30. Diagrama bioclimático de Olgyay.....	62
GRÁFICO 31. Tabla de referencia de valores adecuados para un estado de confort ideal según los parámetros de la ciudad de Asunción.....	63
GRÁFICO 32. Temperatura Promedio de confort ideal. Rangos máximos y mínimos registrados en Asunción.	64
GRÁFICO 33. Temperaturas a lo largo del año. Vista 1.....	65
GRÁFICO 34. Temperaturas a lo largo del año. Vista 2.....	65
GRÁFICO 35. Cuadro Psicométrico de las estrategias planteadas para un estado de confort ideal en la Ciudad de Asunción.	66
GRÁFICO 36. Porcentaje de tiempo pasado en varios niveles de comodidad de humedad categorizado por el punto de rocío.....	67
GRÁFICO 37. Ciclo de Refrigeración. Transportar energía en forma de calor de un ambiente a otro.	70
GRÁFICO 38. Funcionamiento de un sistema inverter.....	72
GRÁFICO 39. Plano del 5 piso del Edificio de post grado de la Universidad Americana.	82
GRÁFICO 40. Plano del aula objeto de análisis. Quinto piso Edificio de post grado de la Universidad Americana.	83
GRÁFICO 41. Cantidad de energía que incide en cada uno de los cinco planos de la arquitectura (Cubierta o plano.....	86
GRÁFICO 42. Parámetros a tener en cuenta para un diseño Sustentable en Arquitectura	94
GRÁFICO 43. Areas Consideradas para la certificación LEED	97
GRÁFICO 44. Orientación del Edificio de la Universidad Americana con respecto al Norte. ...	99
GRÁFICO 45, análisis de la incidencia solar cara Oeste	99
GRÁFICO 46. Fotografía Vista Posterior. Este y Norte del edificio de Post Grado.....	100
GRÁFICO 47. Aleros al norte y una protección horizontal al oeste	102
GRÁFICO 48. Diseño Fachada Oeste vista aérea del Edificio de Post Grado.....	102
GRÁFICO 49. Diseño de Cara Oeste. Parasoles verticales como protección contra radiación.	103
GRÁFICO 50. Fotografía de la fachada principal de la Universidad Americana	103

GRÁFICO 51. Fachada Esquina Noroeste	104
GRÁFICO 52. análisis de incidencia solar cara norte.	104
GRÁFICO 53. Pared verde en el edificio Santalaia de Bogotá. Foto: Paisajismo Urbano	106
GRÁFICO 54. Diseño Vista Norte – Pared cubierta de vegetación. Con voladizo sobre ventanas.	106
GRÁFICO 55. Vista Noroeste.	107
GRÁFICO 56. El jardín vertical interior de Ignacio Solano – Hotel Gaia B3, Bogotá, colaboración con Groncol.	108
GRÁFICO 57. Diseño cantera para vegetación de paredes verdes.	109
GRÁFICO 58. Estructuras metálicas, soportes para jardines verticales.....	109
GRÁFICO 59. Estructura para muros verdes. Esquena ejemplo.....	110
GRÁFICO 60. Cómo bloquear el sol y el calor con vegetación.....	111
GRÁFICO 61. Vista aérea de la universidad Americana.	112
GRÁFICO 62. Arboles de la familia de las coníferas. Adecuados para espacios estrechos.	113
GRÁFICO 63. Fotografía de uno de los patios centrales del ala de post grado de la Universidad Americana.	114
GRÁFICO 64. Plano del Ala de Post grado de la Universidad Americana. En círculo rojo se visualizan los patios centrales; aire y luz.	114
GRÁFICO 65. Diferencia entre un sistema convencional y un sistema inverter.	116
GRÁFICO 66. análisis de incidencia solar en la cubierta del edificio.	118
GRÁFICO 67. Propuesta de paneles solares en planta azotea del edificio de Post Grado de la Universidad Americana.	118
GRÁFICO 68. Expo Knews - Colectores Solares sobre el techo de la empresa Bimbo – México	119
GRÁFICO 69. Montaje de paneles solares en techos de edificios	120

Índice de Tablas

Tabla 1. Datos y Nomenclaturas con sus definiciones.	74
Tabla 2. Medidas de las caras Norte y Oeste aula esquina 5to piso.	75
Tabla 3. Medidas y cantidad de Ventanas. Aula 5to piso.	75
Tabla 4. Tabla Auxiliar de conversión.	76
Tabla 5. Resultados de cálculos de conductividad térmica de los materiales.	77
Tabla 6. Promedio de BTU que genera una persona.	78
Tabla 7. Planillas de relevamiento de datos y cálculos de AA por piso.	79
Tabla 8. Planilla Balance térmico de un aula del quinto piso del edificio de postgrado de la Universidad Americana.	86
Tablas 9. Cantidad de energía en cada una de las fachadas.	86
Tablas 10. Capacidad y medidas de paneles fotovoltaicos.	87

Aportes al diseño de espacios energéticamente eficientes en edificios existentes
Reciclando el edificio de postgrado de la Universidad Americana conforme parámetros físicos
bioclimáticos

Ing. Sofía Fabiana Duré Ruiz Díaz

Universidad Americana

Sofía F. Duré, Docente de la Carrera de Ingeniería Industrial, Cátedras de Ingeniería
Ambiental y Materiales de la Industria, Universidad Americana de Asunción.

E-mail personal: sofia.dure@hotmail.com

E-mail institucional: sofia.dure@ua.edu.py

Resumen

En la actualidad de acuerdo con las necesidades del medio y debido a los numerosos cambios que se han venido dando en el clima, la arquitectura se ha inclinado nuevamente a

adquirir y utilizar técnicas antiguas en cuanto a las estrategias y métodos de construcción, esto debido a la creciente problemática en cuanto al uso de energía con el fin de reducir las altas temperaturas que se generan dentro de los recintos. Los sistemas pasivos han sido desde tiempos muy antiguos la solución a diferentes problemas dentro de la construcción como: la ventilación, la radiación solar, la humedad del ambiente y el uso adecuado de materiales entre otros. En esta tesis nos enfocaremos específicamente en técnicas y estrategias para crear edificios bioclimáticos adaptados a la realidad de nuestros tiempos, utilizando sistemas, estrategias y combinando criterios de diseño del clima con aquellos de optimización en el uso de equipos de AA.

Se trata de un análisis técnico-conceptual con una recopilación de materiales ya estudiados y unos cálculos con base en edificios existentes, como el caso del “Ala de Post grado de la Universidad Americana” con lo cual hemos buscado una posible solución a un problema de climatización de acuerdo con la radiación solar y a los elementos actuales con los que cuenta el edificio, además de generar un material mucho más compacto de tal manera a tener una guía para adaptar las construcciones existentes y para los nuevos diseños en los que hoy en día se están trabajando.

Palabras Clave: *Arquitectura Bioclimática, Confort, Eficiencia Energética, Clima y Aire Acondicionado.*

Abstract

According to the needs of the environment and numerous weather changes, architecture has again bended down to use ancient construction techniques, strategies, and methods, to reduce

the growing problem of high temperatures generated inside the enclosures. Passive systems have been the solution in different construction situations since ancient times, such as: ventilation, solar radiation, environment humidity and proper use of materials, among others. On this thesis I will focus specifically on techniques and strategies to create bioclimatic buildings adapted to our current life, by using systems and strategies of A.A. optimization.

The purpose is to have a technical-conceptual analysis using a compilation of materials already studied and some calculations from existing buildings such as "Postgraduate Wing of Universidad Americana" in which we have defined a possible solution to air conditioning problem considering solar radiation and building technical characteristics, as well as having a technical guidance for the new designs in the future.

Key Words: Bioclimatic Architecture, Comfort, Energy Efficiency, Climate and Air Conditioning.

Objetivo General

Analizar los conceptos básicos de arquitectura bioclimática pasiva y establecer una discusión comparativa con un edificio objeto de estudio, considerando los factores de climatización, confort y diseño utilizando estrategias bioclimáticas a las que se suman criterios de acondicionamiento artificial de edificios, conforme a los parámetros físicos.

Objetivos Específicos

- Realizar un estudio bibliográfico referente a lo que estudia la arquitectura bioclimática y los principales parámetros físicos de la misma.
- Analizar los factores de climatización en cuanto a la temperatura, humedad y ventilación para lograr un confort dentro de un ambiente.
- Realizar análisis de incidencia de la radiación solar en el edificio.
- Identificar las zonas de mayor incidencia solar conforme la orientación.
- Definir las estrategias bioclimáticas posibles a ser utilizadas en un edificio existente.
- Proponer alternativas de solución tanto pasivas como técnicas para convertir un edificio convencional en un edificio bioclimático.

Planteamiento del Problema

Es bien sabido que actualmente estamos atravesando una problemática a nivel mundial; La del “cambio climático” y los diferentes efectos que conlleva el mismo. El factor común de este cambio es el uso desmedido de los recursos naturales y la manera en la que afecta el consumo inadecuado de energía a los elementos del clima.

Es por ello por lo que nos vemos en la necesidad de cambiar ciertos paradigmas en la arquitectura paraguaya y volcarnos a la ejecución de diseños más eficientes. ¿Pero qué pasa con las construcciones ya establecidas? Es aquí donde entramos a proponer alternativas de solución pasivas apuntando a un mejor uso de los recursos bioclimáticos en nuestro país. Como sabemos tenemos un clima muy cálido, lo que hace pensar en cuales podrían ser las estrategias que se pudieran utilizar en la arquitectura actual para obtener mejores beneficios una eficiencia energética adecuada para las necesidades de la época.

Justificación

Se presenta una situación en la cual se toma un edificio como objeto de estudio, en este caso el ala de post Grado de la Universidad Americana. Con el fin de establecer áreas de oportunidad en cuanto al diseño y equipamiento específicamente de los sistemas de climatización del recinto con el fin de proponer estrategias bioclimáticas que se adapten a las necesidades de este. Todo esto considerando elementos como diseño, orientación, aparatos climatizadores, radiación solar, para así determinar cuáles son las estrategias que más se adapten a un edificio en particular.

Capítulo I - Arquitectura Bioclimática y Eficiencia Energética

1.1 Análisis etimológico

Para realizar un análisis es necesario conocer el origen conceptual de las palabras, decir cuál es su etimología. Para este caso desglosaremos el término Eficiencia Energética y “Arquitectura Bioclimática” que serán la base de nuestro objeto de estudio.

Al hacer una revisión en la Real Academia Española encontramos lo siguiente:

Primeramente, la palabra eficiencia, que proviene del latín “Efficientia” cuyo significado es: capacidad de disponer de alguien o de algo para conseguir un efecto determinado. Seguidamente, complementando la primera palabra tenemos: Energético/a, para entender mejor de que trata este concepto es necesario indagar más a fondo e ir a la palabra energía: que proviene del latín tardío *energĭa*, y este del griego. *ἐνέργεια* *enérgeia*. Esto significa: eficacia, poder, virtud para obrar, y en términos físicos: Capacidad para realizar un trabajo. Se mide en julios. (Símb. E). Por lo tanto, energético/ca: como adjetivo responde a la definición de perteneciente o relativo a la energía o que produce energía. y en términos físicos: Estudio y aplicaciones de la energía. (RAE)

Siguiendo con nuestro análisis desglosaremos el termino arquitectura bioclimática: en donde arquitectura proviene del del latín “architectūra” y tienen los siguientes significados: f. Arte de proyectar y construir edificios. f. Diseño de una construcción. f. Conjunto de construcciones y edificios. Y bioclimático, ca de bio- y climático, que significa: adj. Biol. Relacionado con el clima y los organismos vivos. adj. Dicho de un edificio o de su disposición en el espacio: Que trata de aprovechar las condiciones medioambientales en beneficio de los usuarios. (RAE)

A partir de esta base podemos empezar a analizar los conceptos como tales de tal forma a comprender que trata cada uno y poder realizar un análisis comparativo.

Una vez que hayamos comprendido el origen etimológico, existen varias definiciones que explican el significado de cada conjunto de palabras. Tomaremos dos de ellas que explican de manera mucho más sencilla lo que comprende cada una: la primera es la que menciona Matesanz (2008), en su artículo sobre eficiencia energética, lo cual lo define de la siguiente manera: “La eficiencia energética es la obtención de los mismos bienes y servicios energéticos, pero con mucha menos energía, con la misma o mayor calidad de vida, con menos contaminación, a un precio inferior al actual, alargando la vida de los recursos y con menos conflicto”.

Y la Arquitectura Bioclimática según (Javier Neila – 2000) “Se trata de un concepto claro en su origen, relación entre clima, la arquitectura y los seres vivos”. “La arquitectura bioclimática representa el empleo y uso de materiales y sustancias con criterios de sostenibilidad”. “Representa el concepto de gestión de energía óptima de los edificios de alta tecnología, mediante la captación, acumulación y distribución de energías renovables pasivas o activamente, y la integración paisajista y empleo de materiales autóctonos y sanos”

En ambos casos se discute la optimización de los recursos naturales, el uso eficiente de los mismos de tal manera a crear un desarrollo sustentable sin afectar al medio ambiente. Podemos decir entonces que tanto la Eficiencia energética como la Arquitectura bioclimática buscan optimizar recursos, y disminuir los impactos ambientales.

Entre otras posibles definiciones, seleccionamos la siguiente por el énfasis que pone en el tema de la eficiencia energética: “La arquitectura bioclimática consiste en el diseño de edificios teniendo en cuenta las condiciones climáticas, aprovechando los recursos disponibles (sol,

vegetación, lluvia, vientos) para disminuir los impactos ambientales, intentando reducir los consumos de energía."(B. Sánchez - Ecohabitar)

El tema energético no solo es una cuestión de tecnologías, de usar uno u otro aparato; Es más bien una ciencia que engloba una serie de factores tanto internos como externos en función de las diferentes edificaciones, sea cual fuere el uso o fin de esta. Es por ello por lo que a lo largo de este análisis propondremos recurrir a criterios propios de la arquitectura bioclimática complementada con Ingeniería Industrial de tal forma a para generar beneficios en el consumo eficiente de energía.

En resumen: la arquitectura bioclimática es el conjunto de varios factores y elementos; como el clima, la temperatura del ambiente o la zona, los recursos disponibles en un determinado lugar, la necesidad del ser humano en cuanto a los niveles de confort, el diseño adecuado, y la eficiencia energética de las tecnologías aplicadas para el uso. Además del entorno natural y social en cual se pretende desarrollar el proyecto. Sin dejar de lado el valor económico asignado a corto, mediano y largo plazo. Todo esto con el fin de crear un diseño y estructura eficiente, rentable, y sustentable.

1.2 Objetivos de la arquitectura bioclimática

La arquitectura bioclimática tiene como objetivo reducir el impacto que podrían llegar a producir las edificaciones en el medio ambiente, es decir, buscar alternativas sustentables que pudieran llegar a sustituir a la arquitectura convencional y convertirla en modelos amigables con el medio y que puedan satisfacer las necesidades humanas.

Si estudiamos las técnicas bioclimáticas y buscamos aplicarlas a nuevos proyectos, estos a su vez darán pie a otros proyectos, logrando edificios energéticamente eficientes, conservando en lo posible los recursos naturales.

Los edificios bioclimáticos son aquellos que se planean, diseñan y ejecutan de tal forma a que el resultado no genere impactos negativos contra el medio ambiente. Un edificio bioclimático, utiliza técnicas que aprovechen los recursos naturales del medio.

Promueve una conciencia de seguir construyendo, pero con miras a nuevos paradigmas que favorezcan la creación de ciudades limpias y verdes, pero con desarrollo urbano.

1.3 Características en las que se basa la arquitectura bioclimática.

En la arquitectura bioclimática se consideran varios factores propios de cualquier tipo de edificación. Para el caso de esta investigación, aun cuando la misma se enmarca en el campo de la arquitectura bioclimática, se toman en cuenta para la misma solamente los aspectos más ligados al control natural de la energía incidente y dado que se ha elegido como objeto de análisis un edificio ya construido, se buscará poner los énfasis en todo aquello que permita aproximar el modelo a formas de control de la incidencia solar, para luego complementar el confort térmico por medio de equipos de aire acondicionado

A continuación, hablaremos de los parámetros físicos para llegar al resultado deseado que en para nuestro caso es convertir un edificio convencional en un edificio sustentable. Este camino que iniciamos a continuación estará cargado de una serie de factores que iremos analizando y de paso identificando las posibles estrategias que favorecerán el objeto de análisis.

Capítulo II – Parámetros físicos en la arquitectura bioclimática

2.1 Mapa mental Parámetros físicos teniendo en cuenta el clima de asunción

Mapa mental elaborado durante el módulo de vivienda bioclimática de la maestría en Investigación del hábitat. Gráficos, extraídos de los diversos materiales que se detallan en la bibliografía.

Mapa mental “Parámetros físicos en la arquitectura bioclimática”

Diseño de edificios teniendo en cuenta las condiciones climáticas, aprovechando los recursos disponibles (Sol, vegetación, Ventilación, clima) de tal forma a generar un confort, disminuir los impactos ambientales y reducir el consumo de energía.

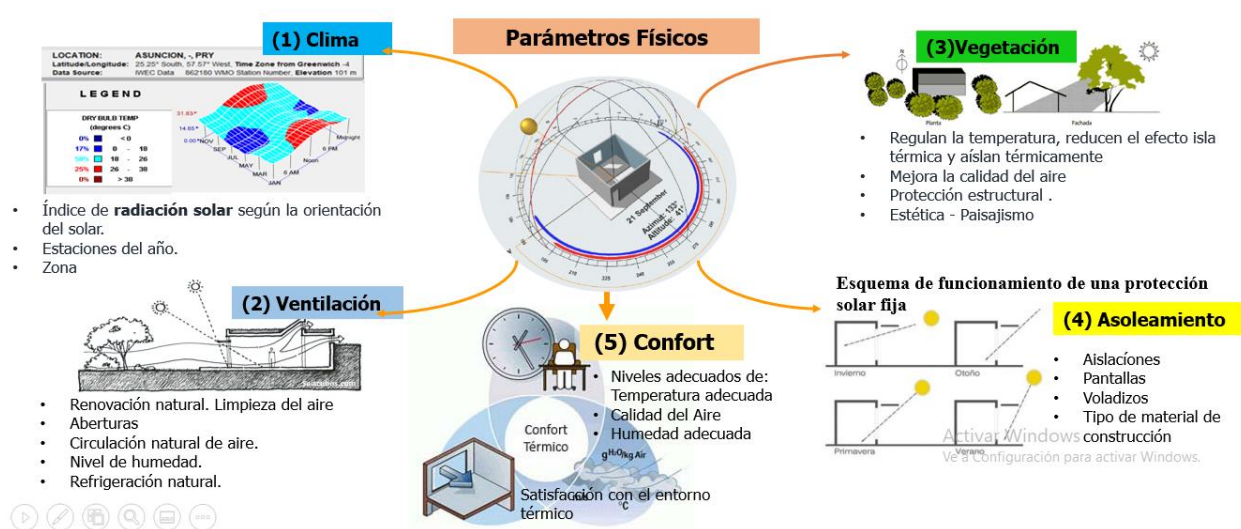


GRÁFICO 1. Mapa mental. Parámetros Físicos en Arquitectura Bioclimática.

Fuente: Mapa mental: Elaboración propia. Gráficos que componen el mapa mental: Orientación gráfico central: Arq. O. Morel. Figuras: (1) Clima: Software climate consultant - 2020; (2) Ventilación: Seiscubos.com – 2019; (3) Vegetación: Ovacen.com; (4) Asoleamiento: E. Fernández 2015; (5) Confort: Ediclima.

Este mapa mental expone una serie de ideas relacionadas específicamente a los parámetros bioclimáticos, estos tratan de las técnicas y factores para llegar a un estado de confort ideal. Lo que muestra en la imagen es la interrelación de estos factores y como cada uno de ellos cumple un papel fundamental en el logro del estado de confort.

Ponemos como punto central al sol y su trayectoria, porque de ahí partimos para los diferentes tipos de análisis.

Para un diseño eficiente siempre debemos colocarnos en un punto central o base de investigación de donde partiremos para que todos los demás elementos se puedan de alguna manera interrelacionar entre sí. Además este análisis se trata de eso justamente, la interrelación de las diversas disciplinas con el fin de llegar aún más allá que solo el diseño, o solo la arquitectura o solo tecnologías como partes diferentes y separadas, sino que buscamos crear un sistemas con un estado de sinergia para que cada parte dependa y actúe en función de la otra y a su vez crear un estado de holismo donde el resultado final engloba el “todo” es decir la combinación eficiente de cálculos, diseños, técnicas y estrategias en sus diferentes ramas.

A continuación, se exponen cada uno de los parámetros citados en el mapa mental; primeramente, por separado para entender y conocer de qué trata cada uno, para luego crear base, ya que esto es necesario para realizar el análisis del caso del estudio “Ala de post grado de la Universidad americana”. Se inicia en el orden según se detalla en el mapa mental.

2.2 Clima

2.2.1 Concepto

Se entiende por el término clima que es el conjunto de una serie de condiciones meteorológicas que determinan o diferencian un lugar de otro, como ser, por ejemplo, cálido, frío, tropical, seco, húmedo, temperatura media, y los derivados de estos.

De manera a comenzar el análisis de nuestro caso de estudio, empezaremos hablando del clima de la ciudad de Asunción. Es importante tener bien claro el tipo de clima de un determinado lugar ya que de ello dependen los cálculos técnicos que deberán realizarse. Por ejemplo, en términos de aire acondicionado es preciso saber cuál es la temperatura máxima del entorno, el nivel de humedad, los meses de calor y frío etc. Para determinar qué tipo de aparatos climatizadores o qué tipo de tecnología es la más adecuada para el lugar.

2.2.2 El clima en Asunción

Mapa Climático de Sudamérica según el sistema Köppen-Geiger

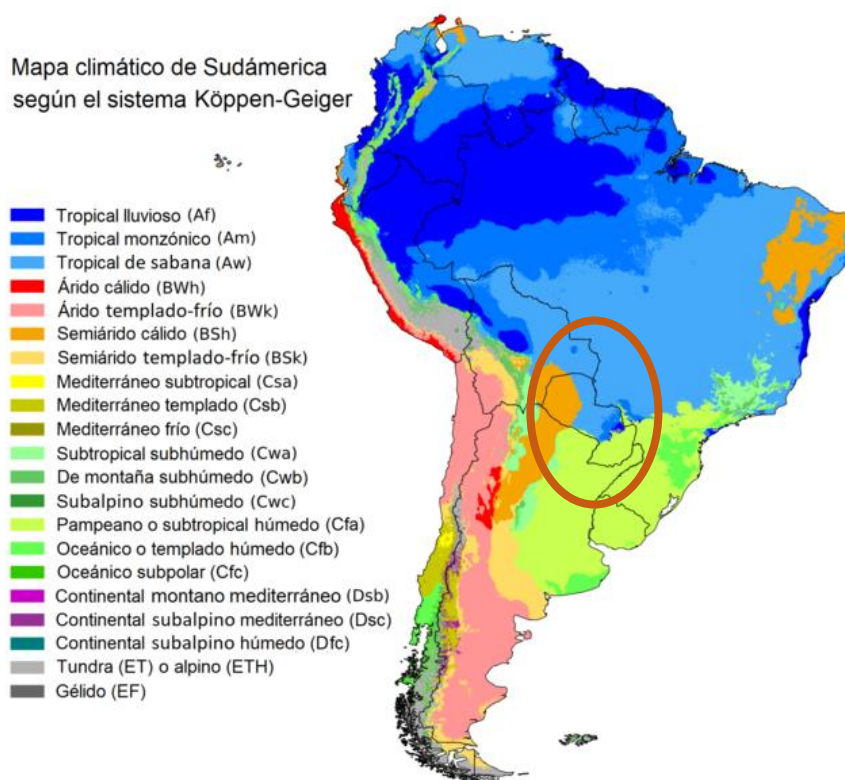


GRÁFICO 2. Mapa Climático de Sudamérica.

Fuente del gráfico: Wikipedia.

Según el mapa climático de Koppen-Geiger el clima de Paraguay es generalmente cálido. Con un clima Semiárido cálido al noroeste en la región del chaco, y tropical de sabana también el chaco, o región occidental. En la región oriental en su gran mayoría el clima es subtropical húmedo, y tropical sabana, en donde se encuentra la capital de país, y cuyo caso estamos analizando.

Entonces de acuerdo con esta premisa tenemos que el clima de asunción es mayormente cálido tropical, con inviernos cortos y veranos calurosos, cuyas temperaturas promedias varían entre 13 ° y 33° C durante todo el año.

2.2.3 Temperatura máxima y mínima promedio de la Ciudad de Asunción

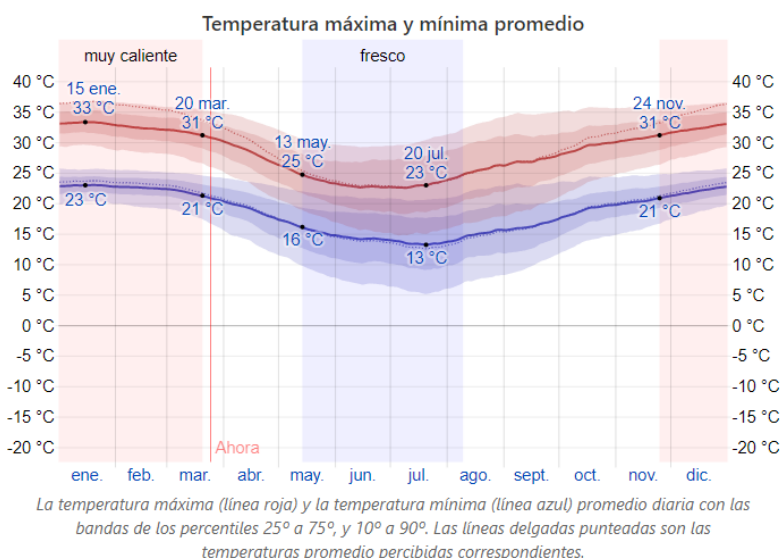


GRÁFICO 3. Temperatura máxima y mínima de la ciudad de Asunción.

Fuente: Página: weatherspark.com – Clima promedio en Asunción – Paraguay durante todo el año

El clima de Asunción durante los meses de verano será nuestro foco de estudio, y es por ello por lo que los cálculos, gráficos y tablas que veremos a continuación nos mostrarán una serie

de valores que explicaran mejor las razones de las estrategias que se propone al final de este material.

Según datos extraídos de la página Weather Spark, tenemos los siguientes valores:

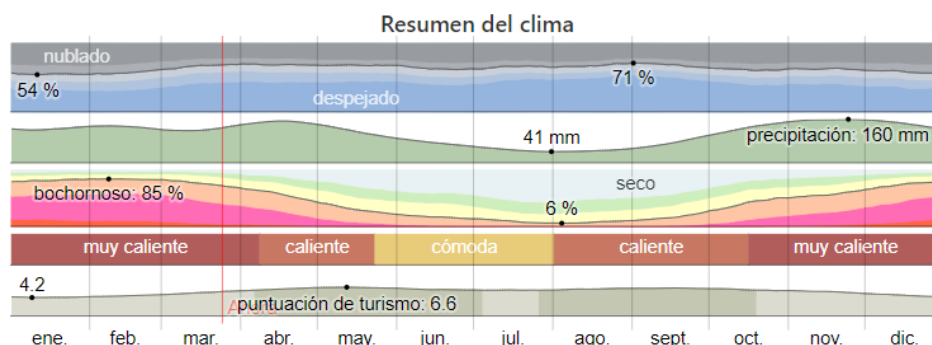


GRÁFICO 4. Resumen Anual del del clima en Paraguay

Fuente: Página: weatherspark.com – Clima promedio en Asunción – Paraguay durante todo el año

Como vemos en esta tabla, la mayor parte del año el clima es cálido, y húmedo, por lo que ocupamos mayor protección, ya sea en techos o paredes; envolventes con características aislantes, que puedan disminuir las altas temperaturas. Estas condiciones exteriores sirven principalmente para determinar tipos de diseños y tipos de tecnologías a ser utilizadas. Por ejemplo, el hecho de ser una ciudad cálida tropical nos dice que tal vez serán necesarios parasoles, voladizos, paredes dobles, materiales aislantes, aparatos reguladores de temperatura, etc. de tal manera a que la edificación cuente con lo necesario para un confort ideal en función de las condiciones del ambiente exterior.

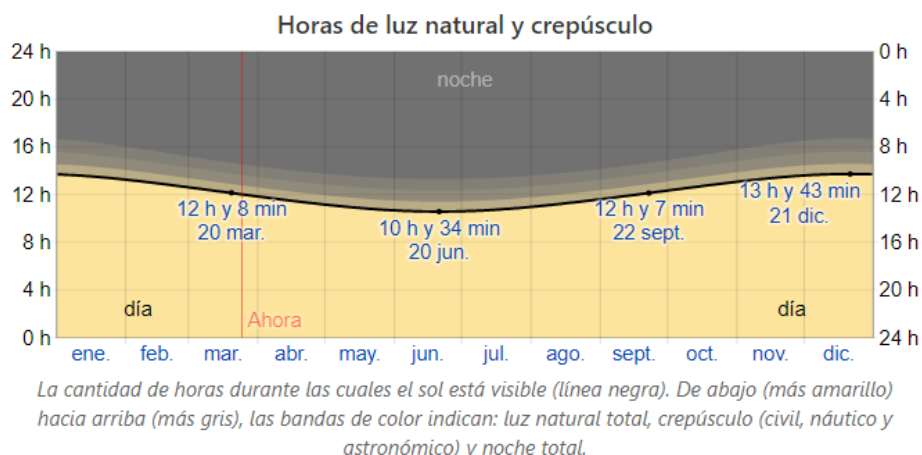


GRÁFICO 5. Horas de luz en Paraguay durante todo el año.

Fuente: Página: weatherspark.com – Clima promedio en Asunción – Paraguay durante todo el año

Como se menciona en la página Weather Spark, La duración del día en Asunción varía durante el año. Por ejemplo, este año 2021, el día más corto será el 20 de junio, con 10 horas y 34 minutos de luz natural; el día más largo es el 21 de diciembre, con 13 horas y 43 minutos de luz.

Lo importante aquí son los meses de mayor tiempo de luz, de lo que podemos resaltar lo siguiente: ya sabemos que tenemos un clima bastante cálido, caluroso, con un verano que dura casi 4 meses en términos de temperatura, y un periodo de luz solar de más de 10 hs por día en promedio durante todo el año, entonces, teniendo en cuenta estas características se puede aprovechar la incidencia solar por periodos prolongados de tiempo para la captación de radiación a través de paneles solares fotovoltaicos y aprovechar el potencial energético del mismo.

2.2.4 Índice de radiación solar según la orientación solar.

La orientación tanto en la construcción como en refrigeración es clave para optimizar el recurso natural que nos ofrece el sol, por un lado, las horas de luz y por otra parte la cantidad de

calor que reciben las diferentes caras de una edificación. Es así como, de acuerdo con la orientación de un edificio con respecto a la trayectoria del sol se trata de aprovechar el calor en invierno, y las sombras en verano; ahora bien, los beneficios dependerán del tipo de clima preponderante en la zona.

En el hemisferio sur las caras que reciben la mayor parte de incidencia solar en cuanto a calor y tiempo son el norte y oeste, por lo que se propone, de ser posible, que tanto la fachada como el mayor número posible de ventanas y/o aberturas se orientarán al sur (sur-suroeste y sur-sureste).

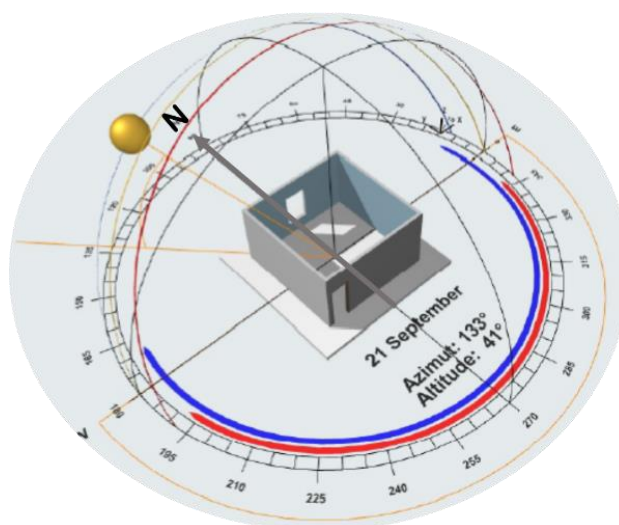


GRÁFICO 6. Movimiento aparente del sol en la esfera celeste

Fuente: Diseño realizado por el Arq. Osvaldo Morel Moreira con el programa ArchiCAD.

Si observamos la imagen vemos que el sol va de Este a Oeste pasando por el Norte, he ahí la necesidad de estudiar principalmente estas tres caras ya que son las que recibirán toda la radiación solar. Pero principalmente las caras Norte y Oeste que serán el foco del análisis.

2.2.5 Trayectoria del Sol

2.2.5.1 Representación Gráfica del trayecto del sol en Asunción

En las siguientes imágenes podemos visualizar el trayecto del sol de acuerdo con las estaciones del año, aquí podemos ver como en los meses del invierno el sol tiende a posicionarse mucho más hacia norte, con un grado notorio de inclinación, sin embargo, en los meses de verano podemos ver que el sol está mucho más arriba, pasando casi en la vertical de nuestra edificación.



GRÁFICO 7. Tabla de recorridos aparentes del sol a lo largo del año con las diferentes incidencias del sol según las estaciones.

Fuente de la esfera: Koenigsberger, O.H, Ingersoll, T.G, Mayhew. Aszokolay, S.V., 1977

Fuente del gráfico: elaboración propia

El Movimiento del sol a lo largo del año permite calcular a partir de las tablas que sintetizan el movimiento “aparente” del sol en la bóveda celeste cual será la posición del sol un día dado del año, a una hora determinada.

Lo de aparente es porque sabemos que el sol esta como fijo y es la tierra la que recorre. A través de movimiento de rotación.

Ubicamos el Norte hacia arriba , y observamos las posiciones del sol saliendo al Este (derecha) y ocultándose al Oeste (a la izquierda)

Con base a lo anunciado podemos determinar a través de esta tabla, las proyecciones de sombras de un edificio, y también la incidencia del sol en una abertura, así como también el período de tiempo que el sol incide en la misma.

Como se puede observar en el gráfico se marca una línea desde el punto de la elipse, hasta el centro que es la tierra. Eso nos marca lo que se conoce como azimut. Que equivale a la dirección de los rayos del sol a esa hora, y que indica si el sol entraría o no por esa ventana.

Continuando con las diferentes representaciones de la trayectoria del sol y siguiendo con el análisis del objeto de estudio, en las siguientes imágenes podemos observar el movimiento del sol en un punto específico, utilizando el edificio de la universidad americana como centro focal.



GRÁFICO 8. Recorrido del sol en sitio determinado - Verano.



GRÁFICO 9. Recorrido del sol en sitio determinado - Invierno.

Fuente: Aplicación en celular. El Camino del Sol

Este análisis se realizó a través de una aplicación llamada el camino sol, y se tomó como punto central, la vista de la Universidad Americana, específicamente sobre el edificio de post grado, el cual es nuestro objeto de estudio

2.2.5.2 Solsticio y Equinoccio en el hemisferio Sur.

Para entender mejor el movimiento del sol, se vio necesario agregar esta información referente al comportamiento de este en relación con su posición y movimiento en función al movimiento de la tierra durante todo el año, dando origen a las estaciones del año.

Para ello explicaremos los fenómenos de solsticios y equinoccios que se dan durante el año de tal forma a entender del porqué de la importancia del análisis tanto de orientación solar como de soleamiento.

2.2.5.3 Solsticio

El solsticio marca el punto en el que el sol está más distante de la línea del ecuador, Durante este periodo los días son más largos en verano y más cortos durante el invierno. En el caso del hemisferio sur el solsticio de verano es la época en la que recibe mayor cantidad de luz solar.

(Aqua.org)



GRÁFICO 10. Recorrido del sol durante el solsticio de Verano (21 de diciembre).



GRÁFICO 11. Recorrido del sol durante el solsticio de Invierno (21 de junio)

Fuente de Gráfico: App “EL Camino del Sol” Descargado en el celular.

2.2.5.4 Equinoccio

Para el caso del equinoccio, durante este tiempo el sol está en el punto más cercano a la línea del ecuador. Los rayos solares alcanzan la zona intertropical con mayor intensidad, lo cual hace que la luz del sol y por sobre todo el calor lleguen con más intensidad en ambos hemisferios. Durante los equinoccios los días y las noches tienen la misma duración, esto lo

podemos comprobar calculando el tiempo de luz solar en los meses de septiembre, equinoccio de primavera y marzo, equinoccio de otoño en el hemisferio sur. (Aqua.org)



GRÁFICO 12. Recorrido del sol durante el equinoccio de Otoño (21 de marzo)

Fuente de Gráfico: App “EL Camino del Sol” Descargado en el celular



GRÁFICO 13. Recorrido del sol durante el equinoccio de primavera 21 de septiembre

Fuente de Gráfico: App “EL Camino del Sol” Descargado en el celular.

2.3 Ventilación

2.3.1 Movimiento del aire

El aire natural es uno de principales factores que ayudan a conservar las temperaturas agradables dentro de los recintos tanto en invierno como en verano. Una buena renovación de aire ya sea natural, o artificial es la clave para lograr un estado de confort en espacios cerrados, además de regular la temperatura evitando o disminuyendo las pérdidas.

Con el fin de lograr unas condiciones de bienestar, la ventilación natural que forma parte importante del acondicionamiento pasivo es una de las mejores estrategias o técnicas que se han

venido desarrollando desde tiempos muy remotos. Antiguamente cuando no existían los aparatos acondicionadores de aire las técnicas que se utilizaban para generar confort en el ambiente eran: Diseño del edificio, como ser por ejemplo los patios internos o bien la altura de techos,

Para el caso de la ventilación natural, lo que se busca es una entrada de aire limpio que pueda generar una barrida de aire sacando el aire caliente o contaminado que se suspende dentro de la habitación. A continuación, veremos una lista de pautas de diseño residencial aplicados específicamente al clima de Asunción. Es una guía de diseños obtenida a través de la herramienta “Climate consultant”, donde por medio de imágenes de distintos tipos de edificaciones podemos ver cómo podemos diseñar en función a los espacios así como los diseños más efectivos en cuanto al deseo de obtener una ventilación natural.

2.3.2 Renovación natural

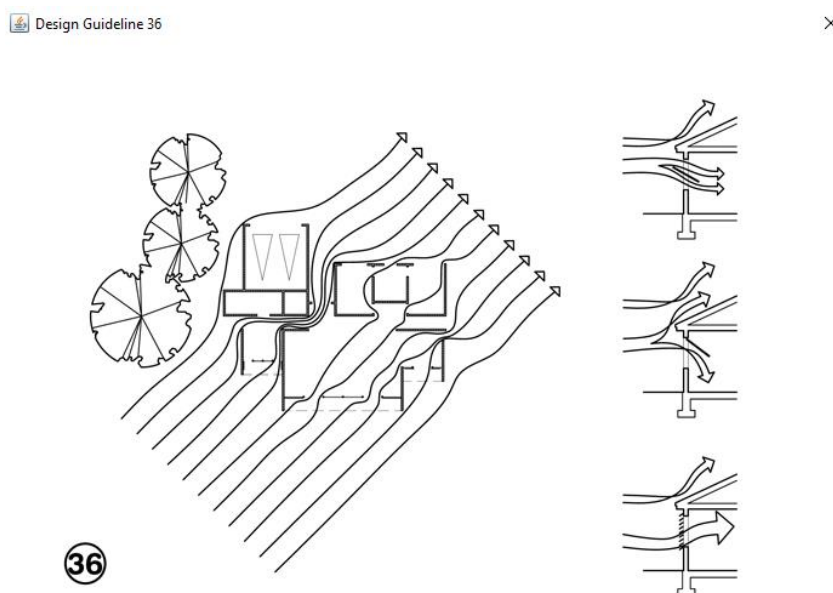


GRÁFICO 14. Ventilación Cruzada - Renovación natural

Fuente: Software Climate Consultant.

Para lograr una ventilación cruzada, se deben colocar las aberturas en lados opuestos, por ejemplo, puertas como entrada de aire y ventanas como salida de aire. Se recomienda, en lo posible que las aberturas más grandes estén siempre del lado del viento (Climate Consultant, 2021)

2.3.3 Refrigeración natural

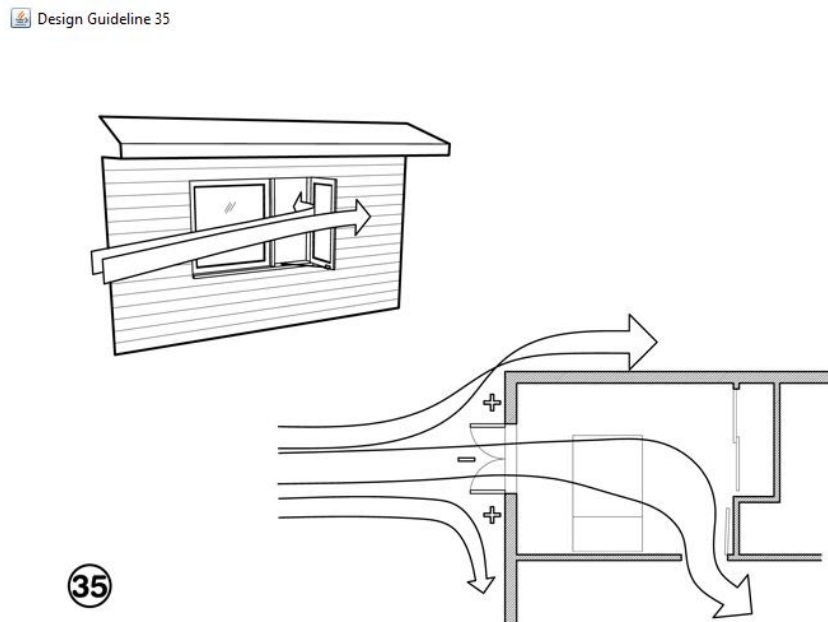


GRÁFICO 15. Ventilación Natural - Refrigeración pasiva

Fuente: Software Climate Consultant.

La ventilación natural en ocasiones es una buena opción para reducir el aire acondicionado en climas cálidos, siempre y cuando la orientación de las ventanas esté del lado de entrada de las brisas, y a su vez estas estén bien sombreadas., aunque por lo general es difícil alcanzar el resultado óptimo de confort en este sentido, y se debe recurrir a aparatos climatizadores para llegar a una temperatura ideal. (Climate Consultant)

2.3.4 Aberturas

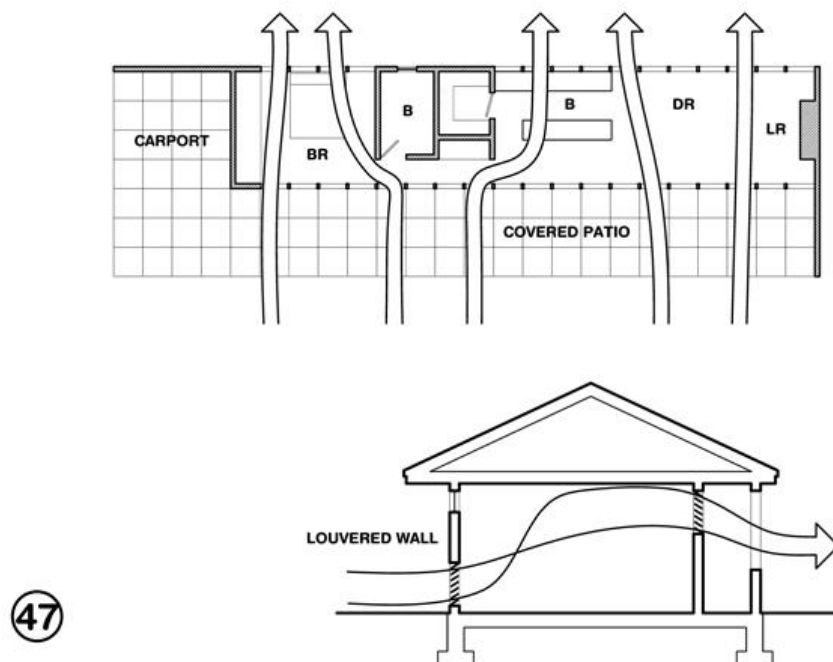


GRÁFICO 16. Sistema de aberturas para ventilación natural.

Fuente: Software Climate Consultant.

Conforme a la propuesta del software climate consultant en función a los datos de la ciudad de Asunción, se puede recurrir a zonas de planta abierta para mejorar la ventilación cruzada, una manera de graficar esta situación podría ser en las galerías o aires y luz que dejan entrar el aire, enfriar el recinto con una brisa fresca y salir por otra abertura que se encuentra o por encima del edificio o por el lado opuesto. (Climate Consultant)

2.4 Vegetación

2.4.1 Beneficios



GRÁFICO 17. Sombras generadas por una fila de árboles frente a una edificación.

Fotografía, fuente: Página BIU - 2012

De acuerdo con el artículo publicado en la página BIU arquitectura y paisaje – 2012, donde hablan sobre la vegetación y cómo esta reduce la temperatura junto a los edificios.

Los árboles y en general la vegetación son de gran ayuda para reducir la isla de calor en la ciudad, además de mejorar la calidad visual, también ayudan a modificar el clima de la zona, sobre todo en los lugares donde existe una gran cantidad de edificaciones.

Además de ser generadores de oxígeno los árboles juegan un papel importante como filtros de radiación solar, de tal manera a reducir la temperatura del ambiente por acción de las sombras que genera y por funcionar como serpentina natural del aire caliente que circulan en los alrededores de los edificios, enfriando las paredes por acción de la sombra que producen, sin

contar que naturalmente producen el fenómeno de evotranspiración que ayuda a aumentar la humedad del ambiente que lo rodea.

Como mencionaba al principio la vegetación ayuda a combatir el fenómeno de isla de calor producido en las ciudades, esto se debe a que gracias a sus hojas y a su capacidad de enfriamiento podría llegar a reducir la temperatura a su alrededor entre 3 y 6°C en relación con la temperatura ambiente.

Sirven como direccionares de aire, protectores solares, impidiendo que los rayos incidan directamente en las paredes, ventanas o aberturas en general.

“En el análisis de casos reales, se ha observado que las superficies a pleno sol, tienen una temperatura entre 30 a 40°C superior a aquellas que están sombreadas por la vegetación” (BiU arquitectura y paisaje – 2012)

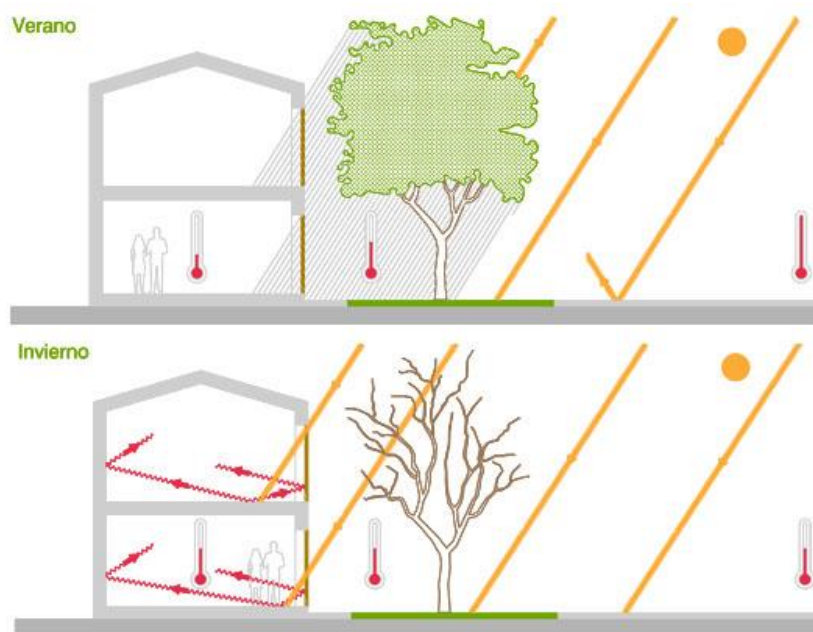


GRÁFICO 18. Efecto térmico causado por la vegetación aledaña a la edificación.

Fuente: M. Urbano – J. M. Ciurana - 2012

2.4.2 Proximidad de árboles respecto a los edificios

En términos de arquitectura sustentable la recomendación es no sacrificar los árboles que ya se encuentran en la zona por una cuestión de construcción o crecimiento estructural. Por ejemplo, la universidad cuenta con un árbol en su interior que gracias al diseño original no debió ser sacrificado. Este árbol sirve de sombra para los estudiantes además de dar oxígeno al lugar. Pero por otra parte en los alrededores de la universidad se deberían plantar varios árboles y crear espacios verdes que favorezcan la disminución de calor ya que está rodeado de asfalto y calles que aumentan notablemente la temperatura del lugar.

2.4.3 Los vientos dominantes

El estudio de los vientos dominantes para el mismo caso es un elemento muy importante e interesante porque te ayuda a realizar los cálculos en función a la orientación que uno quiere o debe darle al edificio. Si el mismo está en construcción se pueden orientar de tal forma a tener entradas y salidas de aire natural constantemente aprovechando un recurso natural para la renovación natural de los recintos. Si el edificio ya fue construido y lo queremos estudiar cómo es mi caso; se pueden realizar análisis de tal manera a encontrar áreas de oportunidad y buscar soluciones a problemas de aireación o cerramientos innecesarios de espacios que tal vez necesitan mayor caudal o traspaso de aire natural.



GRÁFICO 19. Árboles en las rutas estudiantiles para reducir las islas de calor

Fuente: Fotografía - Dallas abril 2020

2.4.4 Tipos de Árboles según el clima

De acuerdo con el tipo de clima y suelo existen diferentes tipos de árboles que se podrían utilizar según la necesidad. Este podría ser un buen tema de investigación dando continuidad o abriendo una brecha de este trabajo, ya que sería importante determinar qué tipo de especies en términos de flora se podrían utilizar en las ciudades con el fin de reducir las islas de calor.

Como sabemos es muy difícil muchas veces tratar de modificar una estructura ya establecida, pero con alternativas bioclimáticas y los cálculos precisos se podrían mejorar las condiciones del entorno de tal forma de adaptar lo convencional a un modelo más sustentable en términos medio ambientales.



GRÁFICO 20. Ejemplos de Arboles según los espacios y el clima.

Fuente: Ingeniero Agrónomo Sergio Carrieri

2.4.5 Paredes verdes - Ecosistemas Verticales

Los muros verdes son una tendencia que han jugado un papel fundamental en la ardua tarea de adaptar ciertas zonas o ciudades a necesidades ambientales más sustentables. Estas innovaciones aplican la necesidad de disminuir los efectos de las islas de calor en las ciudades y fomentar el desarrollo forestal y ecológico, con el fin de crear estrategias que mejoren la calidad externa de las edificaciones y por consiguiente el medio en el que habitamos.

2.4.6 Ventajas de las paredes y techos verdes

2.4.6.1 Beneficios medioambientales

Reducen el efecto invernadero en las ciudades, si la mayoría de los techos y paredes de los edificios de Asunción fueran verdes, se lograría capturar una buena cantidad de emisiones de material emitido por los vehículos tanto particulares como colectivos.

Las cubiertas verdes sirven de medio de absorción de agua de lluvia evitando que estas vayan al alcantarillado, además, mantienen frescas las plantas y por ende las paredes o el techo;

es decir funciona como una especie de esponja temporal aliviando la humedad del ambiente interior. (Twenergy – 2019)

2.4.6.2 Beneficios económicos

Beneficios energéticos ya sea con este sistema se puede reducir hasta un 20% de la energía del edificio, en caso de tener aire acondicionado; Por ende, el valor de los proyectos inmobiliarios aumentaría en un 10% en relación con proyectos de construcción tradicional, ya que a largo plazo el consumo y gasto general del edificio se vería reducido. (Twenergy – 2019)

Como se menciona en la página sempergreen.com: *“El aspecto natural y sostenible, combinado con una reducción en los costes de energía, se traduce en un aumento del valor de la propiedad.”* En varias páginas podemos encontrar que el utilizar ecosistemas verticales le da un aumento al nivel económico del lugar, ya que los beneficios a largo plazo tanto en ahorro energético como en mantenimientos hacen que las edificaciones a la larga sean mucho más económicas que las convencionales sin protección extra. (verdeceresms.com - ecosistemas-verticales)

2.4.6.3 Beneficios técnicos

El avance tecnológico en nuevos sistemas de riego e impermeabilización favorecen a que este tipo de proyectos sea mucho más duradero que los sistemas convencionales, así como la reducción en costos de mantenimientos al mínimo lo que también permite un ahorro a largo plazo. (Twenergy – 2019)

2.4.6.3 Beneficios humanos

Cada persona necesita aproximadamente 10 metros cuadrados de verde por habitante. Con techos y paredes verdes se pueden aumentar las áreas verdes por habitante, mejorando la

salud de las personas en la ciudad. Disminución de ruido en hasta 50 decibelios. (Twenergy – 2019)

2.5 Asoleamiento

2.5.1 Soleamiento del Edificio

Se trata de la incidencia del sol en espacios interiores o exteriores de un edificio para alcanzar un bienestar térmico, en arquitectura bioclimática el análisis de asoleamiento permite determinar la cantidad de radiación que entra dentro de un determinado ambiente, a fin de controlar secciones en donde la incidencia solar pudiera estar afectando el bienestar dentro de la edificación, y tomar las medidas necesarias a modo de controlar dichas incidencias.

Existen tres maneras de Soleamiento del edificio; el directo, difusa y reflejada.

El directo es cuando la radiación solar incide en forma directa sobre la masa del edificio, le aporta energía y no se tienen previstas las medidas para mitigar este efecto. Se suma además el efecto denominado "invernadero" que generan los vidrios (puertas de acceso, ventanas y otros, donde el vidrio recibe la incidencia directa del sol) y donde este material tiene la capacidad de permitir el ingreso de la radiación solar directa con energía de onda corta y luego impide que la misma vuelva a salir, porque la energía infrarroja no es capaz de atravesar los vidrios. Como ejemplo hay que recordar el impacto térmico de quien ingresa a un vehículo estacionado en el sol, donde la energía se ha acumulado, alcanzando temperaturas interiores muy altas. La difusa es aquella que primero pasa ya sea por las partículas gas o polvo suspendidas en el cielo para luego llegar a la superficie terrestre, es decir no tiene una incidencia directa, es aquella que coloquialmente nuestros abuelos le llamaban resolana, muchas veces nos han dicho que tengamos más cuidado con este tipo de radiación, porque los rayos del sol nos llegan igual aunque no lo veamos, y la reflejado o indirecta así como su nombre lo dice es aquella que

primero choca contra otro tipo de superficie, y por la capacidad de esta de reflexión es desviada hacia otro cuerpo, por ejemplo el espejo del agua, el hielo, algunas plantas también presentan esa propiedad de reflexión, y en el caso de la arquitectura hay muchos materiales que presentan esa característica por lo tanto en este caso, nos obliga a observar nuestro entorno para ver si existe alguna construcción a nuestro alrededor que podría llegar a producir este fenómeno. (Marcos Carbonell – 2020)

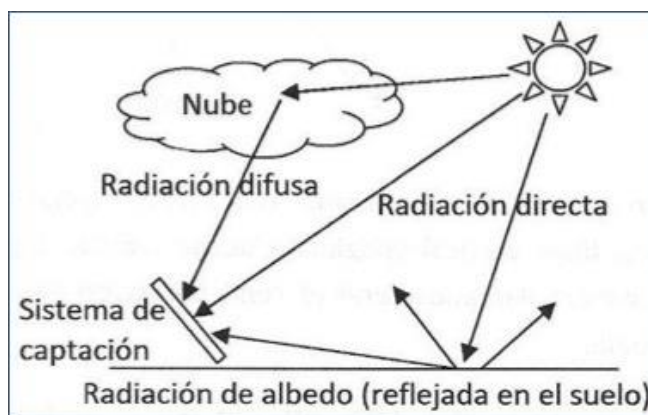


GRÁFICO 21. Tipos de radiación solar

Fuente: Extraído de la página: quienes los ©aulafacil.com – M. Carbonell - 2020

2.5.2 Energía solar de Onda Corta Incidente diaria promedio

Esta sección trata sobre la energía solar de onda corta incidente diario total que llega a la superficie de la tierra en un área amplia, tomando en cuenta las variaciones estacionales de la duración del día, la elevación del sol sobre el horizonte y la absorción de las nubes y otros elementos atmosféricos. La radiación de onda corta incluye luz visible y radiación ultravioleta.

La energía solar de onda corta es aquella que llega diariamente a la superficie de la tierra, varía según la posición del sol, por lo que a lo largo del año tienen diferentes niveles de incidencia. Se puede decir que existe una cantidad de incidencia solar de acuerdo con las estaciones del año. Siendo verano la época de mayor cantidad de luz resplandeciente.

Observando la tabla extraída de la página Weather Spark obtenemos que:

El período más resplandeciente del año dura 3,8 meses, del 29 de octubre al 22 de febrero, con una energía de onda corta incidente diario promedio por metro cuadrado superior a 6,4 kWh. El día más resplandeciente del año es el 28 de diciembre, con un promedio de 7,2 kWh. El periodo más oscuro del año dura 2,9 meses, del 12 de mayo al 7 de agosto, con una energía de onda corta incidente diario promedio por metro cuadrado de menos de 4,2 kWh. El día más oscuro del año es el 24 de junio, con un promedio de 3,4 kWh.

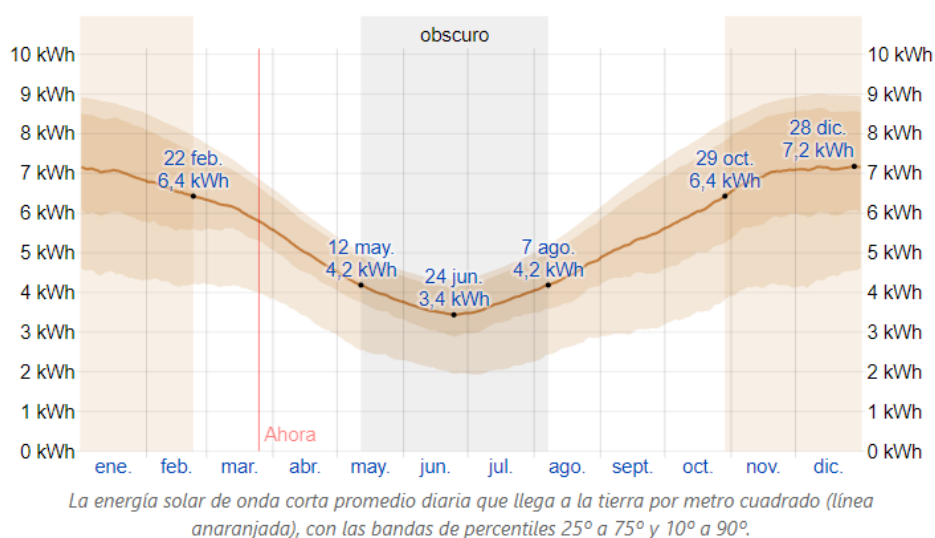


GRÁFICO 22. Energía de onda corta incidente diario promedio.

Fuente: Página: weatherspark.com – Clima promedio en Asunción – Paraguay durante todo el año

2.5.3 Tabla de Sombras

Para realizar este análisis primeramente es necesario el estudio del movimiento del sol, las sombras que se generan con respecto a su posición lo cual será determinado por la orientación.

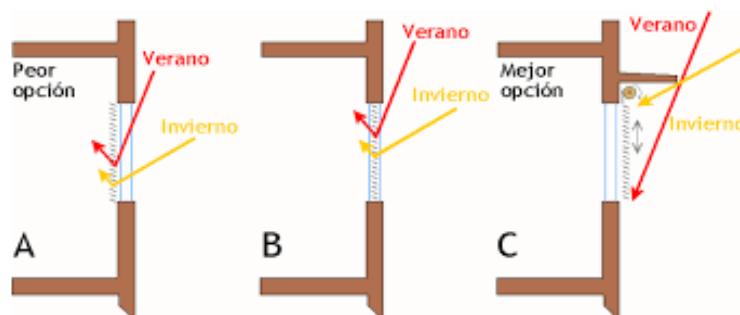


GRÁFICO 23. Mejores disposiciones de una protección solar para una ventana

Fuente: Wikipedia

2.5.4 Análisis de Sombras durante todo el año

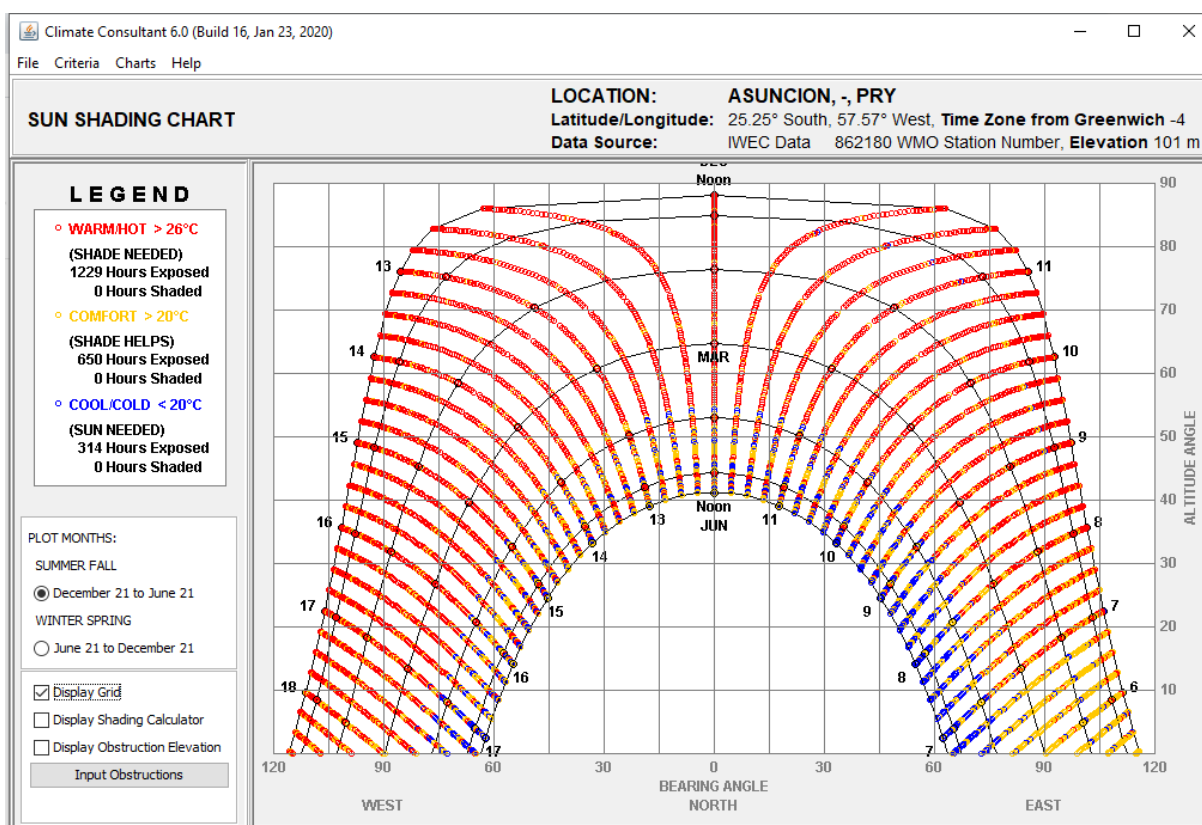


GRÁFICO 24. Tabla de sombras para la ciudad de Asunción durante el periodo de un año.

Fuente: Software Climate consultant

A continuación, tenemos una reseña de la necesidad de sombra o sol a lo largo del año.

Para realizar un análisis de sombra utilizaremos esta gráfica cilíndrica de temperaturas por horas, en relación con la radiación solar teniendo en cuenta unos rangos de confort en donde de acuerdo con los valores y a las curvaturas de la tabla se puede obtener recomendaciones de cuando utilizar sombras y cuando no necesitamos sombras, pero si necesitamos sol.

Cada anillo representa un mes desde diciembre a junio. Si observamos el anillo inferior que corresponde al mes de junio podemos denotar que es el mes en donde más necesitamos luz solar por ser uno de los meses más fríos del año, pero en contrapartida vemos que el último anillo, el superior que corresponde al mes de diciembre lo que necesita es sombra debido a la gran incidencia del sol.

También podemos ver las horas del día a lo largo de la curvatura en donde por ejemplo en la curva de diciembre se puede observar que es necesaria la sombra durante prácticamente todo el día. En la tabla de leyenda se puede observar como el rojo, nos indica la necesidad de sombra, el amarillo parcialmente sombra y el azul la necesidad de sol.

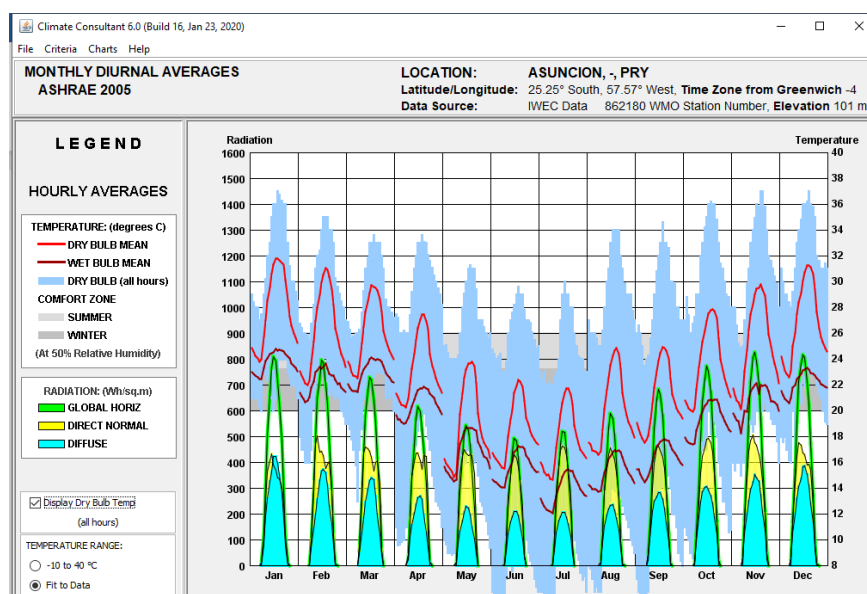


GRÁFICO 25. Radiación solar directa normal en Asunción

Fuente: Software Climate consultant

Esto quiere decir que hay más radiación directa en verano que en invierno.

2.5.5 Envoltente o cobertura

Los envoltentes son los diferentes materiales que protegen a la construcción de agentes externos. Para determinar cuáles son los más convenientes se deben analizar la orientación de la edificación con respecto al sol, la vegetación que la rodeaba, el tipo de terreno etc. Estos parámetros servían para determinar la mejor estrategia con el fin de obtener una edificación eficiente. Hoy día estos mismos factores son los que debemos tener en cuenta si queremos construir en post de una arquitectura bioclimática.

La Arquitectura Bioclimática ha adquirido gran relevancia en el diseño de los edificios, buscando el confort térmico interior mediante la adecuación del diseño, la geometría, la orientación y la construcción del edificio a las condiciones climáticas que le rodean. De esta forma se obtiene gran calidad espacial y funcional, además de reducir los efectos negativos sobre el entorno.

Para conseguir esta eficiencia energética uno de los aspectos fundamentales es la protección solar, que evita el sobrecalentamiento en el interior de los edificios. Mediante un adecuado control de la luz solar se consigue reflejar y disipar la energía fuera del espacio habitable, reduciendo de esta forma la demanda energética. (M. Ávila 2014)

2.5.6 Materiales

La utilización de materiales adecuados, en edificaciones son una forma más de aprovechar los recursos, la madera, el hierro, concreto son claros ejemplos de materiales comúnmente utilizados en las diferentes construcciones.

El tipo de material con el que se decide construir una edificación determinará la cantidad de calor que podría llegar a ingresar dentro del recinto a través del propio material. Todo esto dependiendo del nivel de conductividad térmica del material.

En siguiente fotografía, vemos al edificio World Trade Center de Asunción, cuyas paredes son de concreto casi en un 80% con unas zonas vidriadas, pero la cantidad de concreto con la que cuenta el edificio, la que impide que el calor penetre directamente a su interior, disminuyendo la necesidad de aumentar la capacidad de aparatos climatizadores.



GRÁFICO 26. Fotografía WTC Asunción. Edificio de Concreto y vidrio.

Fuente: Arquitectos.com.py, 2011

Contrario a lo anterior, en la siguiente imagen vemos al edificio Blue Tower, junto al centro comercial paseo la galería. Este par de torres está construido con una cobertura total de

vidrio, el cual además de funcionar como un espejo de luz y calor para su entorno, es un excelente captador de calor a su interior, aumentando necesariamente la cantidad de BTUs por ambiente, lo que lleva a un gasto mayor en aires acondicionados y por ende en consumo energético.



GRÁFICO 27. Fotografía Edificio Blue Tower junto al paseo la Galería Asunción. Edificio completamente vidriado.

Fuente: Infocasas, 11 abril, 2017

2.5.7 Aislamiento

Por otra parte un buen aislamiento favorece la disminución de calor dentro de los espacios, tal es así, que como vemos a continuación, este edificio que con una buena protección en su fachada, la cual está orientada directamente al oeste, siendo esta la cara con mayor incidencia solar, se encuentra protegida contra los fuertes rayos de sol de la tarde, contribuyendo así a la disminución de aparatos climatizadores y por ende lograr la máxima eficiencia en el

mantenimiento de la temperatura y consumo energético. Esto ayudará a evitar los cambios bruscos de temperatura, además de ser una estrategia sustentable.

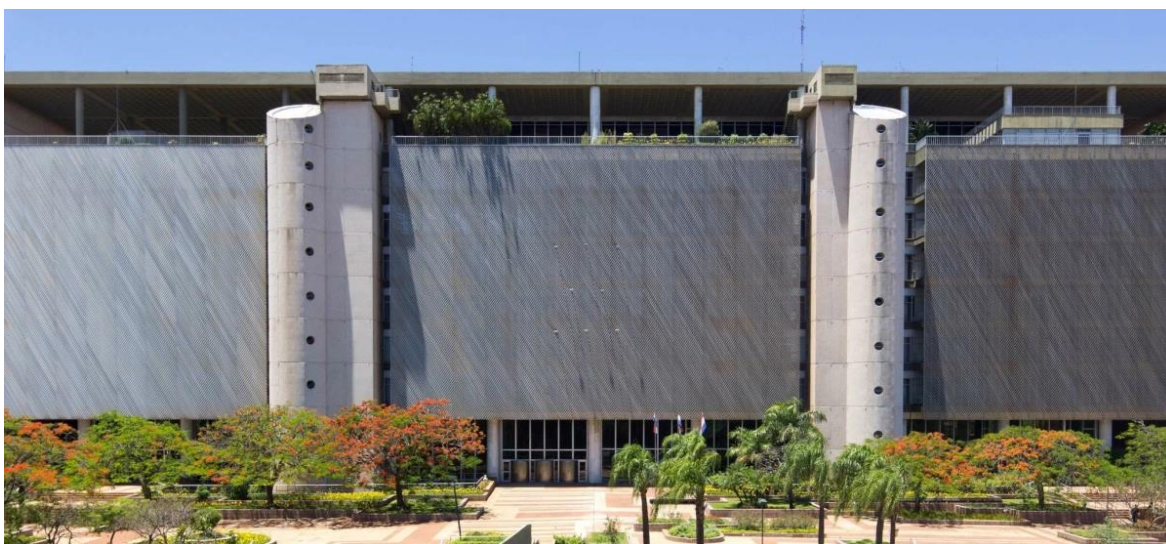


GRÁFICO 28. Fotografía Edificio Banco Central de Paraguay. Protección solar en fachada.

Aislante térmico

Fuente: The Society Paraguay, 6 agosto, 2017, Plataforma para el Arte y Arquitectura Paraguaya,

2.5.8 Generación de Energía

Previamente a este proyecto de investigación, en conjunto con la universidad siglo XXI de Córdoba, me tocó participar en el desarrollo de una materia sobre Innovación tecnológica en dónde desarrollamos todos los temas sobre generación de energías alternativas. En esta materia se investigó todo lo relacionado a las fuentes de energías, el modo de obtención características, ventajas desventajas y tipos de tecnologías o medios para su uso y distribución. Una de ellas es la captación de energía solar a través de paneles fotovoltaicos, que creo será buen complemento a este análisis, ya que podemos aprovechar el techo de nuestro edificio objeto de estudio como zona posible para montaje de paneles solares de, y que estos sirvan como medio de alimentación para los aparatos climatizadores, ya que como vimos en el cuadro de análisis de carga por sector,

el mayor consumo se encuentra en los A.A. Entonces, como no se puede prescindir de ellos, ya que es una edificación ya establecida, lo que podemos hacer es conseguir una eficiencia con respecto al consumo de energía de una fuente renovable, convirtiendo un edificio convencional en sustentable.

2.5.8.1 Energía alternativa de fuentes renovables

La energía solar y eólica forman parte del conjunto de energías “verdes” amigables con el medio ambiente. Sin embargo, su potencial no solo está en el hecho de que sean energías limpias, sino en la cantidad de recursos renovables para su generación. Como sabemos tanto el sol como el viento son fuentes inagotables, disponibles prácticamente en cualquier zona por periodos prolongados de tiempo. A diferencia de las energías convencionales que requieren de un punto específico para la extracción y posterior transformación de energía ya sea esta eléctrica o calorífica, entonces, ¿por qué no hemos optado aún por este tipo de energía?

Dentro de las principales desventajas de ambos tipos de energía el costo inicial es uno de los principales factores que aun impiden en muchos lugares el poder montar estos sistemas. Por otra parte, tanto para generación como para el almacenamiento se requieren grandes cantidades de espacios, para poder generar la energía necesaria como para cubrir la demanda actual. Ahora bien, si hablamos de una inversión a largo plazo, realizando una buena planificación, este tipo de energías podría ser beneficioso ya que comparado con los combustibles fósiles cuyo costo depende de la disponibilidad, tanto la energía eólica como la solar, no tendrían esa variación además de no generar ningún tipo de daño al medio ambiente.

Hoy en día, gracias a los avances tecnológicos y la mejora en los procesos de producción, la posibilidad de utilizar energía limpia es cada vez más viable, y podría resultar mucho más económica que el uso de los combustibles fósiles.

Como bien sabemos el solo hecho de no generar contaminantes ya es una gran ganancia, ya que según estudios se afirma que gran parte de los agentes contaminantes provienen de la utilización de combustibles. Entonces, ¿cuáles son las ventajas de estas fuentes de energía frente a las convencionales?

En ambos casos tanto para la energía solar como eólica, las ventajas son prácticamente las mismas: Son renovables, limpias, abundantes y pueden ser extraídas en cualquier parte, además de poder adaptarse a diferentes escalas. Es decir, en el caso de se quiera instalar en una sola casa, este tipo de sistemas nos da la posibilidad de utilizarlo tanto en un solo hogar como en una ciudad completa. Además de otorgar flexibilidad en su instalación, los costos de mantenimientos son muy bajos tanto para hogares o pequeños negocios y grandes negocios. En términos de espacios, pueden coexistir en cualquier medio, es decir en plazas, campos, serranías, pendientes, sin necesidad de alterar del ecosistema que se encuentra a su alrededor lo cual es de suma importancia, ya que si lo comparamos con las represas en donde se requiere una gran infraestructura que puede llegar a generar la pérdida o destrucción de zonas aledañas. Con esto no decimos que sustituir totalmente las energías convencionales sea una solución, si no que más bien explorar las posibilidades, abre un abanico de oportunidades, que con tiempo e ingenio podrían llegar a conseguir grandes resultados.

El uso de energías renovables, pues aprovechan los recursos naturales para suministrar energía. La energía solar (tanto la térmica como la fotovoltaica permite climatizar las

edificaciones de forma directa o a través de paneles o cubiertas solares. No obstante, conviene buscar la combinación idónea en función de cada caso.

2.5.8.2 Energía solar fotovoltaica

La energía solar es la energía que hemos aprendido a aprovechar, gracias a la luz (energía fotovoltaica) o el calor del sol (térmica), para la generación de electricidad o la producción de calor. Es una fuente de energía inagotable y renovable, porque viene directamente del sol. Este tipo de energías se puede obtener a través de paneles solares muy similares a los espejos. Estos paneles están conformados por células fotovoltaicas, que debido a la radiación solar que llegan directamente a ellas, convierten el calor de los rayos de sol en energía eléctrica, limpia y lista para ser utilizada en diferentes aparatos eléctricos, como ser el caso de los equipos de aire acondicionado que como sabemos tienen un alto consumo energético, tanto por la masa de aire que mueven como por el tiempo que deben estar en funcionamiento.

2.5.8.3 Aplicaciones de la energía solar fotovoltaica

La principal aplicación de una instalación de energía solar fotovoltaica es la producción de energía eléctrica a partir de la radiación solar. La producción de energía puede ser a gran escala para el consumo en general o a pequeña escala para consumo en pequeñas viviendas, refugios de montaña o sitios aislados. Principalmente se diferencian dos tipos de instalaciones fotovoltaicas:

1. Instalaciones fotovoltaicas de conexión a red, donde la energía que se produce se utiliza íntegramente para la venta a la red eléctrica de distribución.

2. Instalaciones fotovoltaicas aisladas de red, que se utilizan para autoconsumo, ya sea una vivienda asilada, una estación repetidora de telecomunicación, bombeo de agua para riego, etc.

Dentro de las aplicaciones de la energía fotovoltaica no conectada a la red encontramos en muchos ámbitos de la vida cotidiana. La energía fotovoltaica se utiliza en pequeños aparatos como calculadoras, como para el alumbrado público en determinadas zonas, para eliminar motores eléctricos e incluso se han desarrollado automóviles y aviones que funcionan exclusivamente aprovechando la radiación solar como fuente de energía.

Dentro de las instalaciones fotovoltaicas conectadas a la red existen las plantas de energía solar fotovoltaica. Una planta de energía fotovoltaica, también un parque solar, es una gran planta de generación de energía, diseñada para la venta de su producción a la red eléctrica. También se le conoce como una granja solar, especialmente si está ubicada en áreas agrícolas. (Energía Solar – Feb, 2019).

2.5.8.4 Eficiencia energética de los paneles fotovoltaica

Dependiendo de la construcción, y del tamaño del espacio disponible los módulos fotovoltaicos pueden producir electricidad a partir de una cierta cantidad de radiación solar a partir de una gama concreta de frecuencias de la luz, pero esta depende del tipo de luz que llega hasta los paneles solares.

Por tanto, existe una gran gama de radiación que aún no puede ser aprovechada, no obstante, con los avances tecnológicos, cada vez estamos más cerca de lograr el aprovechamiento total de las diferentes gamas de luz que ingresan a nuestra atmosfera. Por lo pronto, el porcentaje que llega y que es captado por los paneles solares es suficiente para generar

una buena cantidad de energía, con la capacidad de cubrir una buena cantidad de aparatos eléctricos dentro de un determinado ambiente. (Energía Solar – Feb, 2019)



GRÁFICO 29. Módulo fotovoltaico para generar electricidad

Fuente: Quiles Pedro V, Aguilar F.C., 2013

2.6 Confort en el edificio

2.6.1 Bienestar higrotérmico

El bienestar de una persona de un edificio viene dado por tres factores principales: temperatura, humedad y movimiento del aire. Estos determinan que tan agradable es el ambiente.

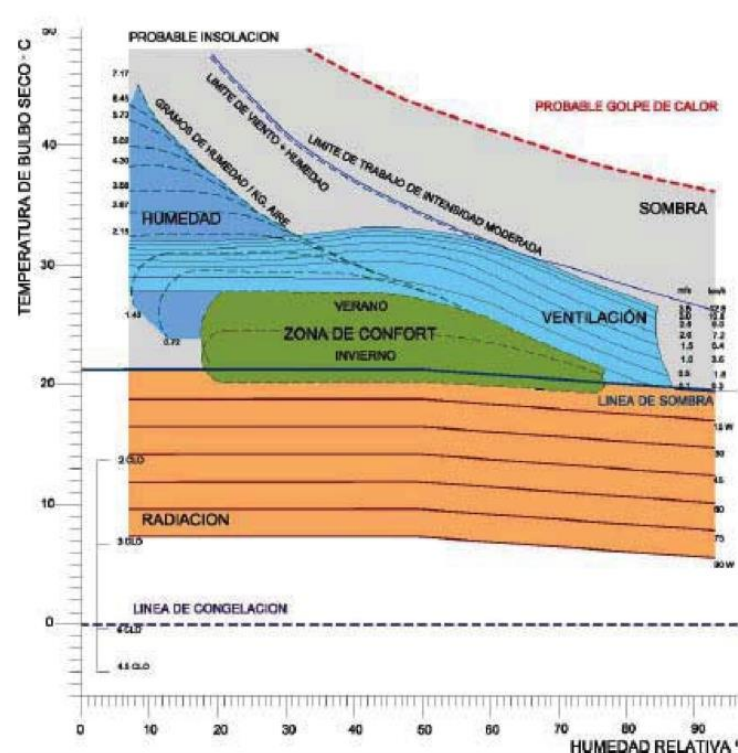


GRÁFICO 30. Diagrama bioclimático de Olgyay

Fuente: Pedro J. Hernández Diagrama Bioclimático de Olgyay - Arquitectura Confort Diseño bioclimático - 3 marzo, 2014

Para realizar un análisis de confort ideal para una persona sentada en estado de reposo se consideran unos valores de temperatura entre 20 y 26 °C por ejemplo para el clima de Asunción, con una humedad relativa entre 30% y 80% aproximadamente. Si no fijamos en el diagrama de Olgyay podemos ver una relación entre la temperatura y humedad relativa y los diferentes valores dentro del plano cartesiano, que determina ciertos niveles para un estado de confort ideal.

Entonces tenemos que, si nos encontramos a niveles por encima de la zona de confort, estaríamos a una temperatura de calor excesivo y por lo tanto se requerirá de aparatos climatizadores para lograr bajar la temperatura del ambiente, sin embargo, si nos encontramos

por debajo de la zona de confort, quiere decir que la temperatura es muy baja y por lo tanto se necesitará agregar calor ambiente.

Teniendo en cuenta estos valores, y conociendo los estándares ideales de temperatura y humedad para un estado de confort ideal, entonces también debemos analizar la psicometría de la construcción y su entorno, además de los datos factores citados anteriormente de temperatura, humedad y movimiento del aire. Para lograrlo se tendrán que estudiar las características termodinámicas del aire, que analizaremos a continuación.

2.6.2 Temperatura adecuada del Aire para un estado de confort

Climate Consultant 6.0 (Build 16, Jan 23, 2020)	
File Criteria Charts Help	
CRITERIA: (Metric Units)	
LOCATION: ASUNCION, -, PRY Latitude/Longitude: 25.25° South, 57.57° West Time Zone from Greenwich -4 Data Source: IWECC Data 862180 WMO Station Number, Elevation 101 m	
ASHRAE Handbook of Fundamentals Comfort Model, through 2005 (select Help for definitions)	
1. COMFORT: (using ASHRAE Handbook through 2005 Model) 20.0 Comfort Low - Min. Comfort Effective Temp @ 50% RH (ET* C) 23.3 Comfort High - Max. Comfort Effective Temp @ 50% RH (ET* C) 17.8 Max. Wet Bulb Temperature (°C) 2.2 Min. Dew Point Temperature (°C) 2.8 Summer Comfort Zone shifted by this Temperature (ET* C) 1.0 Winter Clothing Indoors (1.0 Clo=long pants,sweater) 0.5 Summer Clothing Indoors (.5 Clo=shorts,light top) 1.1 Activity Level Daytime (1.1 Met=sitting,reading)	7. NATURAL VENTILATION COOLING ZONE: 2.0 Terrain Category to modify Wind Speed (2=suburban) 0.2 Min. Indoor Velocity to Effect Indoor Comfort (m/s) 1.5 Max. Comfortable Velocity (per ASHRAE Std. 55) (m/s) 3.6 Max. Perceived Temperature Reduction (°C) 90.0 Max. Relative Humidity (%) 22.8 Max. Wet Bulb Temperature (°C)
2. SUN SHADING ZONE: (Defaults to Comfort Low) 22.8 Min. Dry Bulb Temperature when Need for Shading Begins (°C) 315.5 Min. Global Horiz. Radiation when Need for Shading Begins (Wh/sq.m)	8. FAN-FORCED VENTILATION COOLING ZONE: 0.8 Max. Mechanical Ventilation Velocity (m/s) 3.0 Max. Perceived Temperature Reduction (°C) (Min Vel, Max RH, Max WB match Natural Ventilation)
3. HIGH THERMAL MASS ZONE: 8.3 Max. Outdoor Temperature Difference above Comfort High (°C) 1.7 Min. Nighttime Temperature Difference below Comfort High (°C)	9. INTERNAL HEAT GAIN ZONE (lights, people, equipment): 12.8 Balance Point Temperature below which Heating is Needed (°C)
4. HIGH THERMAL MASS WITH NIGHT FLUSHING ZONE: 16.7 Max. Outdoor Temperature Difference above Comfort High (°C) 1.7 Min. Nighttime Temperature Difference below Comfort High (°C)	10. PASSIVE SOLAR DIRECT GAIN LOW MASS ZONE: 157.7 Min. South Window Radiation for 5.56°C Temperature Rise (Wh/sq.m) 3.0 Thermal Time Lag for Low Mass Buildings (hours)
5. DIRECT EVAPORATIVE COOLING ZONE: (Defined by Comfort Zone) 20.0 Max. Wet Bulb set by Max. Comfort Zone Wet Bulb (°C) 11.0 Min. Wet Bulb set by Min. Comfort Zone Wet Bulb (°C)	11. PASSIVE SOLAR DIRECT GAIN HIGH MASS ZONE: 157.7 Min. South Window Radiation for 5.56°C Temperature Rise (Wh/sq.m) 12.0 Thermal Time Lag for High Mass Buildings (hours)
6. TWO-STAGE EVAPORATIVE COOLING ZONE: 50.0 % Efficiency of Indirect Stage	12. WIND PROTECTION OF OUTDOOR SPACES: 8.5 Velocity above which Wind Protection is Desirable (m/s) 11.1 Dry Bulb Temperature Above or Below Comfort Zone (°C)
	13. HUMIDIFICATION ZONE: (defined by and below Comfort Zone) 14. DEHUMIDIFICATION ZONE: (defined by and above Comfort Zone)

GRÁFICO 31. Tabla de referencia de valores adecuados para un estado de confort ideal según los parámetros de la ciudad de Asunción.

Fuente: Software Climate Consultant

La temperatura ideal promedio para un estado de confort ideal oscila entre 20 y 23 grados según el cálculo realizado por la herramienta climate consultant para la localidad de Asunción.

Este cálculo esta realizado en función a lo que determina el manual de ASHRAE en cuanto a los niveles ideales o adecuados en relación con las técnicas de la calefacción, ventilación, aire acondicionado y refrigeración.

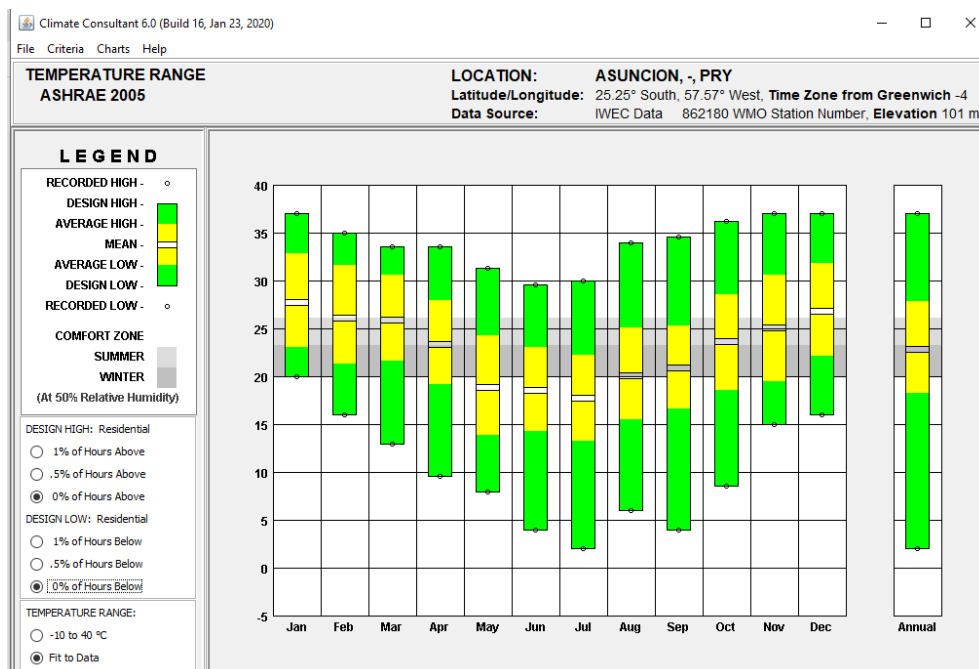


GRÁFICO 32. Temperatura Promedio de confort ideal. Rangos máximos y mínimos registrados en Asunción.

Fuente: Software Climate Consultant

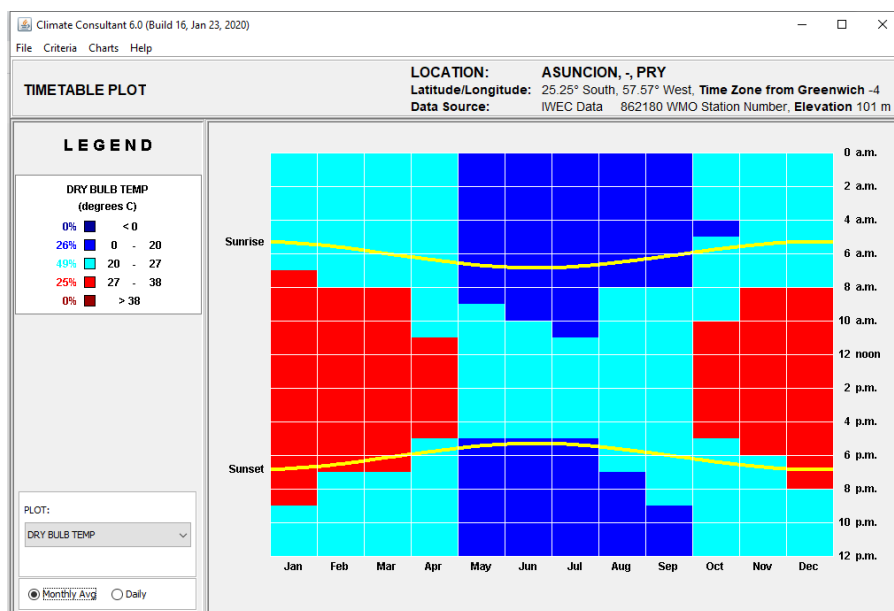


GRÁFICO 33. Temperaturas a lo largo del año. Vista 1

Fuente: Software Climate Consultant

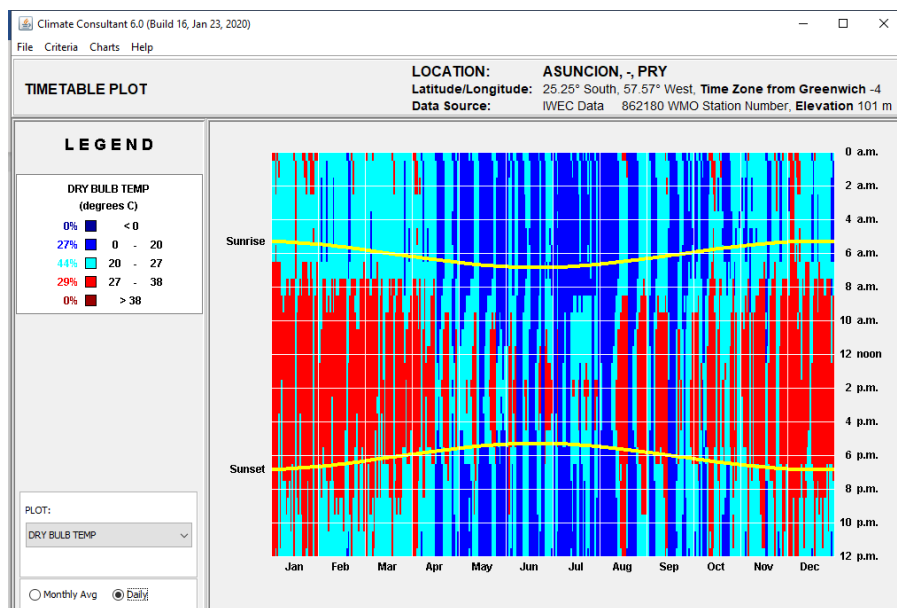


GRÁFICO 34. Temperaturas a lo largo del año. Vista 2

Fuente: Software Climate Consultant

Si nos fijamos en la tabla de referencias podemos ver por ejemplo como en enero tenemos altas temperaturas casi todo el día, como se puede observar en la zona roja que según nuestra tabla de referencias nos marca valores de 27 a 38 grados.

Esta herramienta se puede utilizar para determinar las temperaturas máximas y mínimas durante todo el año y así poder realizar diseños de acuerdo con la necesidad del clima de la zona de estudio.

2.6.3 Cuadro psicrométrico de la Ciudad de Asunción

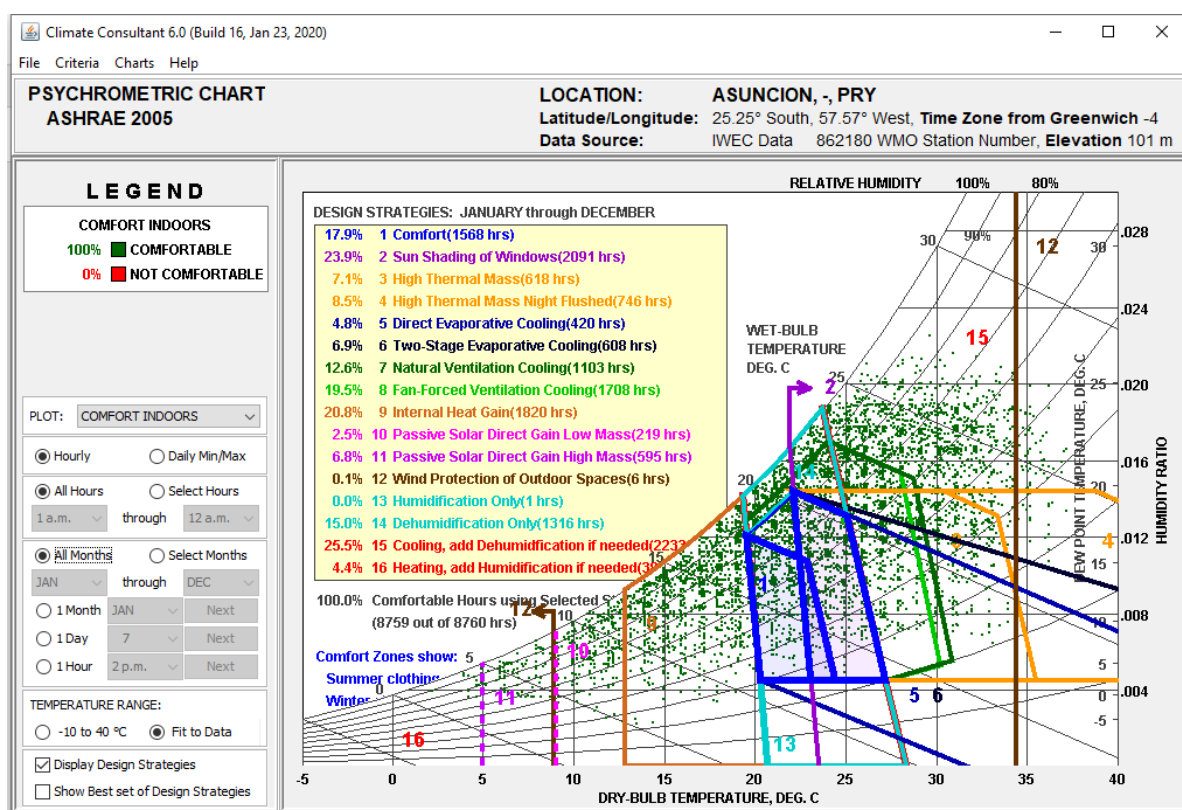


GRÁFICO 35. Cuadro Psicrométrico de las estrategias planteadas para un estado de confort ideal en la Ciudad de Asunción.

Fuente: Software Climate Consultant

Cuadro psicométrico de las estrategias propuestas de acuerdo con los niveles de comfort deseados utilizando tanto técnicas pasivas como refuerzos tecnológicos como ser el caso de los AA

La herramienta “Climate consultant” nos da una serie de datos que nos ayudaran a realizar diseños más eficientes en función de las condiciones actuales de cada zona, según su clima, orientación con respecto al sol, estaciones del año etc. Es por ello por lo que es esta tabla puede considerarse de las más importantes dentro de la herramienta ya que en ella se pueden detallar una serie de estrategias que nos ayudaran a la realización de diseños mucho más efectivos en términos bioclimáticos, automáticamente nos muestra que estrategias de diseños podemos utilizar para aumentar nuestra zona de confort. De tal manera a simplificar el edificio. Si tenemos en cuenta todas las opciones planteadas podemos obtener el 100 % de confort aceptable.

2.6.4 Humedad Relativa

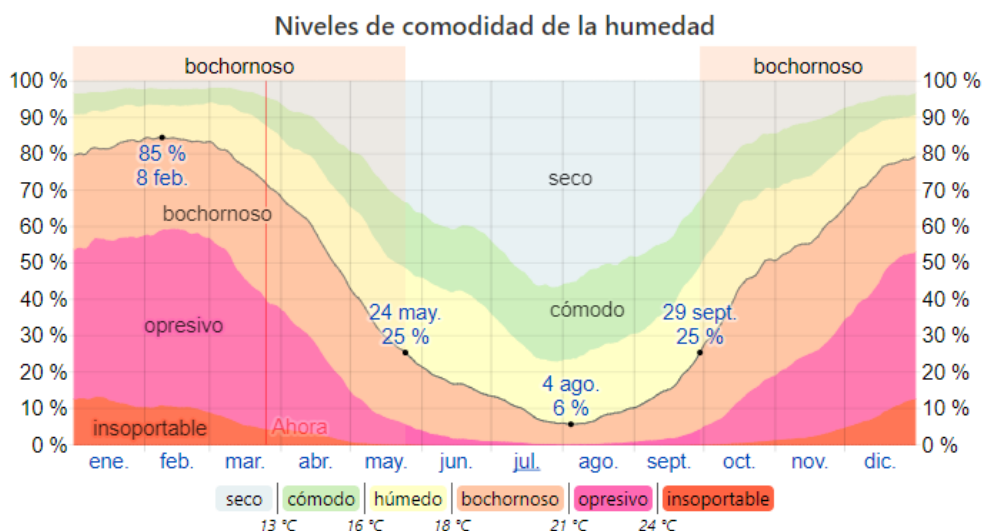


GRÁFICO 36. Porcentaje de tiempo pasado en varios niveles de comodidad de humedad categorizado por el punto de rocío.

Fuente: Página: weatherspark.com – Clima promedio en Asunción – Paraguay durante todo el año

El nivel de humedad para un estado de confort se encuentra en el punto de rocío, en donde el sudor se evapora y el cuerpo sigue enfriándose. Cuando el punto de rocío baja, el ambiente se siente más seco, así como podemos visualizar en el gráfico, en contrapartida cuando el punto de rocío aumenta el ambiente se siente más húmedo.

Para el clima de Asunción, los niveles de humedad son bastante variables, tal es así que podemos tener épocas muy húmedas como enero, febrero y diciembre, y épocas con un nivel de humedad muy bajo como agosto, por ejemplo. En la tabla podemos observar que en febrero la humedad aumenta a un 85 % y en agosto apenas llega a los 6 %. Siendo estos los picos más extremos en términos de niveles de humedad.

Un rango que oscile entre el 30% y el 60% nos sitúa en la zona de confort. Si la humedad aumentara será necesario aumentar la temperatura, ya que a mayor temperatura el ambiente se vuelve más seco, y por el contrario si la humedad es muy baja, conviene disminuir la temperatura.

Es por esa razón que lo ideal es buscar regular la humedad del ambiente de forma pasiva, con estrategias de ventilación natural o bien con el material envolvente adecuado, protección adecuada de las caras de la edificación que estén propensas a recibir calor. De otra forma habría que recurrir a tecnologías como deshumidificadores o aparatos climatizadores de bajo consumo o tecnología tipo inverter de consumo variable.

2.6.5 Refrigeración

Desde época muy remotas el hombre ha buscado la manera de refrigerar objetos, alimentos y espacios; tal es así que se cuenta que el antiguo Egipto, las paredes que estaban

construidas en bloques eran extraídas por miles de esclavos para llevarlos al desierto durante la noche, esto con el fin de enfriar los pedazos de piedras y devolverlos a su lugar antes de que despierte el Faraón.

Como sabemos el clima en el desierto tiene picos muy extremos, día es calor es casi insoportable, mientras que en la noche las temperaturas bajan notablemente. Por ello estos bloques eran extraídos y colocados en la arena de manera tal que las rocas pudiesen enfriarse a una temperatura muy baja. Cuando eran devueltas al lugar, y colocados de vuelta en las paredes, debido al calor que habían perdido y quedado en un estado de frío, la temperatura interior bajaba a 26°C aproximadamente, mientras que en el exterior la temperatura era del doble que el interior. (Trejo G. P., Reyes H. 2009)

Hoy, gracias a la tecnología el ser humano ha perfeccionado esta técnica, con los modernos aparatos climatizadores, que conforme pasa el tiempo los encontramos mucho más modernos y efectivos, tanto en estética, consumo energético y funcionamiento.

Por lo cual durante este apartado hablaremos de qué son básicamente los aires acondicionados, como funcionan y como han ido cambiando.

2.6.5.1 ¿Como funciona un aire acondicionado?

Un aire acondicionado no genera aire frío por sí solo, un aparato climatizador lo que hace es enfriar el aire contenido en un determinado ambiente a través de la recirculación del aire por las serpentinas del evaporador.

El sistema más conocido es el llamado convencional o por compresión directa, en donde existe un intercambio directo entre el gas refrigerante y el aire a acondicionar, es decir, el aire del

recinto se enfría por expansión directa del refrigerante. Funciona a través de dos unidades, una unidad evaporadora y una unidad condensadora.

El condensador se encarga de realizar el intercambio de fase del gas para que a través de tuberías de cobre pueda enfriar la serpentina del evaporador y este a su vez enfriar el aire que pasa a través de él para devolverlos al medio de origen.

En el siguiente gráfico, podemos notar el evaporador envía el refrigerante en forma de gas al condensador en donde se comprime hasta cambiar a un estado líquido por acción del compresor, luego este retorna al evaporador en forma líquida, pasando por la válvula de expansión la cual debido a la presión que ejerce sobre el gas refrigerante en estado líquido, lo convierte nuevamente en estado gaseoso para su ingreso nuevamente al evaporador, en donde pasa a través de las serpentinas, para luego volver al condensador y completar el circuito que se repite una y otra vez hasta llegar a la temperatura deseada.

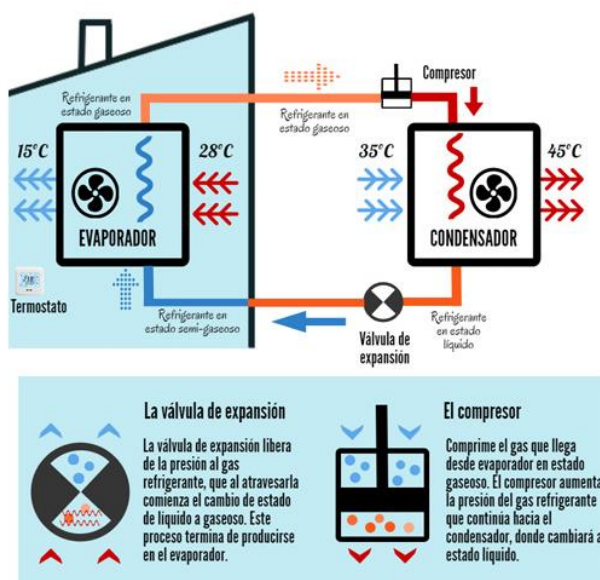


GRÁFICO 37. Ciclo de Refrigeración. Transportar energía en forma de calor de un ambiente a otro.

Fuente: Arnabat I. 2016 – Caloryfrio.com

El evaporador absorbe, por medio de una rejilla de retorno, el aire del ambiente, el cual pasa a través de la serpentina previamente enfriadas por el intercambio de fase del gas refrigerante, y lo devuelve al medio, este proceso se repite cuantas veces sea necesario hasta que el aire llegue a la temperatura deseada. Aproximadamente dependiendo del tipo de aire acondicionado, tamaño o capacidad, el aire en cada recirculación baja en promedio entre 7 y 8 grados Celsius de temperatura. Lo que determina el tiempo, es el volumen de aire que se deberá enfriar y la temperatura inicial en la cual se encuentra el ambiente. Por ejemplo; un Equipo mini Split de 12.000 btu, tiene la capacidad de mover 1 Tn de calor, por hora.

2.6.5.2 Aire Acondicionado tecnología Inverter

Si hablamos en términos de sustentabilidad, lo que se busca lograr es una eficiencia energética en todos o la gran mayoría de aparatos de uso cotidiano o uso común, de tal forma a optimizar los recursos energéticos. En aire acondicionado una de las tecnologías que más se adaptan a un modelo de sustentabilidad es el equipo del tipo inverter.

Los aires acondicionados tipo inverter son aquellos que funcionan según la necesidad de frío del recinto a ser climatizado. Este tipo de sistema regula la velocidad del compresor de tal forma a que pueda mantener la temperatura deseada sin que el compresor trabaje al máximo de su capacidad en un solo arranque, es decir trabaja de forma constante sin tener que llegar a picos de consumo energéticos bruscos durante la parada o arranque del equipo.

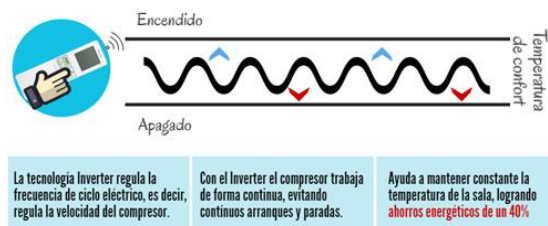


GRÁFICO 38. Funcionamiento de un sistema inverter.

Fuente: Arnabat I. 2016 – Caloryfrio.com

A diferencia de los equipos convencionales en los equipos inverter, la temperatura se mantiene agradable durante todo el tiempo; como el arranque del equipo es suave, a medida que se requiere enfriar el recinto, el consumo y por ende el nivel de frío va aumentando o disminuyendo de acuerdo con lo que va marcando el termómetro o termostato de ambiente.

Dentro de las principales ventajas de este tipo de tecnologías se encuentra el ahorro energético, por lo expuesto anteriormente que consume según la necesidad y no tiene picos de arranque para encendido o apagado del equipo, lo que a su vez lo hace más silencioso. Otra de sus ventajas es el estado de confort constante, debido a que la temperatura siempre se mantiene constante según la necesidad de frío del ambiente. Con este tipo de equipos el ambiente siempre está agradable, no se siente un frío excesivo, ni calor inmediatamente cuando para el compresor como lo es el caso de los equipos convencionales.

2.6.5.3 Edificios Pasivos y Aires Acondicionados.

Los edificios pasivos buscan la eficiencia energética a través de un diseño sustentable, utilizando técnicas y estrategias de construcción que permitan un estado de confort de acuerdo con el uso de materiales, envolventes, orientación del sol, aberturas y cerramientos de alta calidad. Pero, hoy día es muy difícil construir en función de estas técnicas o estrategias sin tener en cuenta las demás tecnologías, como por ejemplo la iluminación, calefacción y refrigeración.

A pesar de que se pueden tener aire y luz, ventanales, tragaluces, entrada de luz natural en diferentes puntos, siempre será necesario agregar luces, ya sean estos de tipos Led de bajo consumo o no. De la misma manera en ciudades calurosas como Asunción el hecho de complementar con aparatos climatizadores para llegar a un estado de confort ideal no será una opción, sino más bien una necesidad; y es por eso que más que eliminar este tipo de sistemas o tecnologías, lo que debemos hacer es buscar aquellas que se adapten a los deseos de minimizar el consumo energético a través de sistemas mucho más sustentables.

Como esta maestría es multidisciplinaria, nos da la oportunidad de combinar los conocimientos de ingeniería en el área de climatización, y arquitectura sustentable, de tal forma a encontrar una solución a la problemática de consumo energético y generación de islas de calor en ciudades como Asunción.

Los sistemas de aire acondicionado del tipo inverter se adaptan perfectamente a esta situación. Por un lado, tenemos edificios existentes con sistemas de climatización viejos, y hasta en algunos casos obsoletos, y por otro lado nuevos diseños y construcciones en puerta que deberían basarse en las nuevas tendencias de construcción bioclimáticas aplicando técnicas sostenibles en todo el proceso de construcción, desde la estructura en sí, así como en las tecnologías como ser el caso de los aires acondicionados que deberán ser incorporado en sus edificaciones.

Para ambos casos, el estudio de diseño pasivo y nuevas tecnologías será una tarea que deberán realizar, por lo que en esta investigación se trabajó con el edificio de post grado de la universidad americana en donde se cuenta un sistema de climatización del tipo convencional On/Off, en donde, lo que buscamos es reciclar el edificio y las instalaciones, de tal forma a

adaptarlo a un modelo energéticamente eficientes. Con propuestas tanto de diseño como de tecnologías.

Capítulo III – Cálculos Generales

3.1 Transferencia de calor a través de los materiales: paredes y ventanas.

3.1.2 Conductividad térmica de los materiales

La ventana tiene 1.5m de largo y 1 m de ancho, el vidrio tiene una constante de conductividad térmica de 0.84. La temperatura máxima en promedio en los meses más cálidos del verano esta alrededor de 38°C y la temperatura dentro del recinto se calcula alrededor de 27 °C. (Valor extraído del termostato de ambiente).

3.1.3 Tabla de Datos y nomenclaturas

Nomenclatura	Definición	Valores	Unidad
ΔQ	Calor Transferido en el intervalo de tiempo Δt		J/Seg = W
Δt	Intervalo de tiempo		Seg
T_c	Temperatura del Foco Caliente	38	°C
T_f	Temperatura del foco Frio	27	°C
A	Area trasversal		m ²
E_l	Espesor del ladrillo	0.15	m
E_v	Espesor del vidrio	0.02	m
E_h	Espesor del hormigon	0.15	m
k_l	Constante de conductividad térmica del ladrillo	0.8	(W/m·°K)
k_h	Constante de conductividad térmica del hormigo	1.4	(W/m·K)
k_v	Constante de conductividad térmica del vidrio	1	(W/m·K)

Tabla 1. Datos y Nomenclaturas con sus definiciones.

Fuente: Elaboración propia

3.1.4 Cálculos de Metros cuadrados

Se tomó como muestra un aula del 5to piso del edificio de post grado de la Universidad Americana. Del cual una de sus paredes da al norte y la otra al oeste. Las medidas fueron extraídas del plano PCI de la Universidad.

Paredes			
Orientación	Largo (m)	Altura (m)	Total m2
Norte	6.46	3	19.38
Oeste	7.87	3	23.61
Area m2	51		

Tabla 2. Medidas de las caras Norte y Oeste aula esquina 5to piso.

Fuente: Elaboración propia.

Así como el caso anterior de la tabla 2. Para este cálculo se tomaron datos de la misma aula. De donde se midieron la cantidad de ventanas que dan a las caras norte y oeste.

Ventanas					
Orientación	Largo (m)	Altura (m)	Total	Cant. Ventanas	Total m 2
Norte	1.5	1	1.5	2	3
Oeste	1.5	1	1.5	3	4.5

Tabla 3. Medidas y cantidad de Ventanas. Aula 5to piso.

3.1.5 Aplicación de fórmulas

Fórmula
$\frac{\Delta Q}{\Delta t} = K \cdot A \cdot \frac{(T_c - T_f)}{E}$

Fórmula
$\frac{J}{\text{Seg}} = \frac{w}{m \cdot k} \cdot \frac{m^2}{m} \cdot \frac{^\circ C - ^\circ C}{m} = W$

Pared de Ladrillo Común cara Norte				
	K	A	Tc	Tf
$\frac{\Delta Q}{\Delta t}$	= 0.8 *	19.38	$\left(\frac{38 - 28}{0.16} \right) =$	
			E	

Pared de Ladrillo Común cara Oeste				
	K	A	kl	Kh
$\frac{\Delta Q}{\Delta t}$	= 0.8 *	23.61	$\left(\frac{38 - 28}{0.16} \right) =$	
			E	

Ventanas de Vidrio cara Norte				
	K	A	Kv	0
$\frac{\Delta Q}{\Delta t}$	= 1 *	3	$\left(\frac{38 - 28}{0.02} \right) =$	
			E	

Ventanas de Vidrio cara Oeste				
	K	A	Kv	0
$\frac{\Delta Q}{\Delta t}$	= 1 *	4.5	$\left(\frac{38 - 28}{0.02} \right) =$	
			E	

W	BTU
1	3.41
Kcal	BTU
0.252	1
W	Kcal
1	0.86

Tabla 4. Tabla Auxiliar de conversión.

Fuente: Elaboración propia.

3.1.6 Cantidad de Calor transmitida por el material

Resultados preliminares

Resultados	W	Kcal	BTU
Pared de Ladrillo Común cara Norte	969	1,127	3,304
Pared de Ladrillo Común cara Oeste	1,181	1,373	4,026
Ventanas de Vidrio cara Norte	1,500	1,744	5,115
Ventanas de Vidrio cara Oeste	2,250	2,616	7,673

Tabla 5. Resultados de cálculos de conductividad térmica de los materiales.

3.2 Cálculo de cargas específicamente en AA

Como en este documento vamos a analizar solamente el área de post grado de la Universidad Americana, a continuación, se detalla una serie de datos recopilados del lugar en donde explicaremos el estado actual del edificio en cuanto a cantidad de aparatos climatizadores y por ende a cantidad de BTUs. En las siguientes tablas podemos observar los siguientes datos:

Primeramente, tenemos un cuadro de área en metros cuadrados, aquí se calculó solo el área climatizada actualmente, es decir no se tuvieron en cuenta pasillos, ascensores, escaleras ni baños, porque estos espacios además de no estar climatizados están abiertos con suficiente circulación de aire y por ende no necesita tecnología de refrigeración.

En el segundo cuadro podemos ver la capacidad de personas por piso, esto se obtuvo de la sumatoria de capacidad máxima de alumnos y funcionarios por ambiente de acuerdo con lo que expresa el plano PCI actualizado al 2019; cabe aclarar que estos espacios no han sufrido modificaciones considerables desde entonces hasta la fecha.

Para el cálculo de BTU por persona se realizó el siguiente análisis.

De la norma UNE-EN ISO 7730 podemos sacar las siguientes tasas metabólicas (energía emitida en forma de calor) de una persona realizando diversas actividades (Carlos - Nergiza - 2012)

- Reposo, tendido (0,8met, 46W/m²): 83W
- Reposo, sentado (1met, 58W/m²): 104W

- Actividad sedentaria (oficina...) (1,2met,70W/m2): 126W

Considerando estos datos, se procedió a convertirlos a BTU de la siguiente manera:

Watts	BTU
1	3.414135
83	283.373205
104	355.07004
126	430.18101
Promedio	356.208085

Tabla 6.Promedio de BTU que genera una persona.

Fuente: Elaboración Propia

Por lo tanto, se utilizó el valor de 350 en promedio por persona teniendo en cuenta que la mayor parte del tiempo las personas estarán sentadas.

3.2.1 Planillas de relevamiento de datos según datos físicos in situ y plano PCI de la Universidad Americana de aires acondicionados y cantidad de ocupantes por piso.

Planta	Area Climatizada m2	Capacidad personas	BTU Persona	BTU Total Persona	Q. AA	Capac. AA	QT de BTU Ambiente	Consumo Kw/h x AA	Consumo Total kw/h	BTU/m2	QT de BTU Ambiente (ideal)	Diferencia BTU
Planta Baja												
Recepción	61	5	350	1750	1	60,000	60,000	5.3	5.3	984	56,650	3,350
Cafeteria	37	20	350	7000	1	60,000	60,000	5.3	5.3	1,622	40,300	19,700
Oficinas Varias	85	7	350	2450	2	60,000	120,000	5.3	10.6	1,412	78,950	41,050
Aula	60	35	350	12250	1	60,000	60,000	5.3	5.3	1,000	66,250	6,250
Oficina 1	59	5	350	1750	1	60,000	60,000	5.3	5.3	1,017	54,850	5,150
Oficina 2	35	5	350	1750	1	60,000	60,000	5.3	5.3	1,714	33,250	26,750
Total PB	337	77	350	26950	7	60,000	420,000	5.3	37.1	1,291	330,250	89,750

Planta	Area Climatizada m2	Capacidad personas	BTU Persona	BTU Total Persona	Q. AA	Capac. AA	QT de BTU Ambiente	Consumo Kw/h x AA	Consumo Total kw/h	BTU/m2	QT de BTU Ambiente (ideal)	Diferencia BTU
Primer Piso												
Aula 11	36	35	350	12250	1	60,000	60,000	5.3	5.3	1,667	44,650	15,350
Aula 12	38	40	350	14000	1	60,000	60,000	5.3	5.3	1,579	48,200	11,800
Aula 13	36	35	350	12250	1	60,000	60,000	5.3	5.3	1,667	44,650	15,350
Aula 14	51	35	350	12250	1	60,000	60,000	5.3	5.3	1,176	58,150	1,850
Aula 15	83	70	350	24500	2	60,000	120,000	5.3	10.6	1,446	99,200	20,800
Aula 16	61	35	350	12250	2	60,000	120,000	5.3	10.6	1,967	67,150	52,850
Aula 17	59	35	350	12250	1	60,000	60,000	5.3	5.3	1,017	65,350	5,350
Aula 18	35	35	350	12250	1	60,000	60,000	5.3	5.3	1,714	43,750	16,250
Total	399	320	350	112000	10	60,000	600,000	5.3	53	1,529	471,100	128,900

Planta	Area Climatizada m2	Capacidad personas	BTU Persona	BTU Total Persona	Q. AA	Capac. AA	QT de BTU Ambiente	Consumo Kw/h x AA	Consumo Total kw/h	BTU/m2	QT de BTU Ambiente (ideal)	Diferencia BTU
Segundo Piso												
Aula 21	36	35	350	12250	1	60,000	60,000	5.3	5.3	1,667	44,650	15,350
Aula 22	38	40	350	14000	1	60,000	60,000	5.3	5.3	1,579	48,200	11,800
Aula 23	36	35	350	12250	1	60,000	60,000	5.3	5.3	1,667	44,650	15,350
Aula 24	51	35	350	12250	1	60,000	60,000	5.3	5.3	1,176	58,150	1,850
Aula 25	83	70	350	24500	2	60,000	120,000	5.3	10.6	1,446	99,200	20,800
Aula 26	61	35	350	12250	2	60,000	120,000	5.3	10.6	1,967	67,150	52,850
Aula 27	59	35	350	12250	1	60,000	60,000	5.3	5.3	1,017	65,350	5,350
Aula 28	35	35	350	12250	1	60,000	60,000	5.3	5.3	1,714	43,750	16,250
Total	399	320	350	112000	10	60,000	600,000	5.3	53	1,529	471,100	128,900

Planta	Area Climatizada m2	Capacidad personas	BTU Persona	BTU Total Persona	Q. AA	Capac. AA	QT de BTU Ambiente	Consumo Kw/h x AA	Consumo Total kw/h	BTU/m2	QT de BTU Ambiente (ideal)	Diferencia BTU
Tercer Piso												
Aula 31	36	35	350	12250	1	60,000	60,000	5.3	5.3	1,667	44,650	15,350
Aula 32	38	40	350	14000	1	60,000	60,000	5.3	5.3	1,579	48,200	11,800
Aula 33	36	35	350	12250	1	60,000	60,000	5.3	5.3	1,667	44,650	15,350
Aula 34	51	35	350	12250	1	60,000	60,000	5.3	5.3	1,176	58,150	1,850
Aula 35	83	70	350	24500	2	60,000	120,000	5.3	10.6	1,446	99,200	20,800
Aula 36	61	35	350	12250	2	60,000	120,000	5.3	10.6	1,967	67,150	52,850
Aula 37	59	35	350	12250	1	60,000	60,000	5.3	5.3	1,017	65,350	5,350
Aula 38	35	35	350	12250	1	60,000	60,000	5.3	5.3	1,714	43,750	16,250
Total	399	320	350	112000	10	60,000	600,000	5.3	53	1,529	471,100	128,900

Planta	Area Climatizada m2	Capacidad personas	BTU Persona	BTU Total Persona	Q. AA	Capac. AA	QT de BTU Ambiente	Consumo Kw/h x AA	Consumo Total kw/h	BTU/m2	QT de BTU Ambiente (ideal)	Diferencia BTU
Cuarto Piso												
Aula 41	36	35	350	12250	1	60,000	60,000	5.3	5.3	1,667	44,650	15,350
Aula 42	38	40	350	14000	1	60,000	60,000	5.3	5.3	1,579	48,200	11,800
Aula 43	36	35	350	12250	1	60,000	60,000	5.3	5.3	1,667	44,650	15,350
Aula 44	51	35	350	12250	1	60,000	60,000	5.3	5.3	1,176	58,150	1,850
Aula 45	83	70	350	24500	2	60,000	120,000	5.3	10.6	1,446	99,200	20,800
Aula 46	61	35	350	12250	2	60,000	120,000	5.3	10.6	1,967	67,150	52,850
Aula 47	59	35	350	12250	1	60,000	60,000	5.3	5.3	1,017	65,350	5,350
Aula 48	35	35	350	12250	1	60,000	60,000	5.3	5.3	1,714	43,750	16,250
Total	399	320	350	112000	10	60,000	600,000	5.3	53	1,529	471,100	128,900

Planta	Area Climatizada m2	Capacidad personas	BTU Persona	BTU Total Persona	Q. AA	Capac. AA	QT de BTU Ambiente	Consumo Kw/h x AA	Consumo Total kw/h	BTU/m2	QT de BTU Ambiente (ideal)	Diferencia BTU
Quinto Piso												
Aula 51	36	35	350	12250	1	60,000	60,000	5.3	5.3	1,667	44,650	15,350
Aula 52	74	40	350	14000	2	60,000	120,000	5.3	10.6	1,622	80,600	39,400
Aula 53	51	35	350	12250	1	60,000	60,000	5.3	5.3	1,176	58,150	1,850
Aula 54	83	40	350	14000	2	60,000	120,000	5.3	10.6	1,446	88,700	31,300
Aula 55	61	35	350	12250	2	60,000	120,000	5.3	10.6	1,967	67,150	52,850
Oficina 56	59	5	350	1750	1	60,000	60,000	5.3	5.3	1,017	54,850	5,150
Oficina 57	35	5	350	1750	1	60,000	60,000	5.3	5.3	1,714	33,250	26,750
Total	399	195	350	68250	10	60,000	600,000	5.3	53	1,516	467,250	132,750

Tabla 7. Planillas de relevamiento de datos y cálculos de AA por piso.

Fuente: Elaboración propia.

Tanto la cantidad como la capacidad de los AA por ambiente se obtuvo de un relevamiento del lugar. Por otra parte, el consumo que figura en la tabla corresponde a la potencia de arranque de estos equipos climatizadores en donde cada equipo necesita de 5.3 kw para arrancar el compresor, pero como son equipos convencionales On/Off los mismos tienen un golpe de arranque cada que el compresor acciona yendo de 0 a 5.3 en cada arranque. Cabe aclarar además que estos equipos no son del tipo inverter y por ende el consumo es constante; es decir que mientras funcione esa será la potencia que requerirá por hora para su funcionamiento.

El cálculo de los BTU por metro cuadrado actual se realizó dividiendo la cantidad total de BTU actual por los metros cuadrados habitados.

Como se puede observar las capacidades de todos los aires acondicionados son de 60.000 BTU; en algunas salas tenemos hasta dos equipos acondicionadores de aire, duplicando así la cantidad de BTU.

El cálculo se realizó de la siguiente manera: cantidad de BTU dividido metros cuadrados: arrojándonos los datos que vemos en la tabla.

A modo de comparativa se realizó otro cálculo en paralelo donde se consideró la cantidad de personas y los metros cuadrados por ambiente. El cálculo se realizó de la siguiente manera: cantidad de metros cuadrados por 900 btu más cantidad de personas por 350 btu. Entonces tenemos: $(Qm2 \times 900 \text{ btu}) + (Qp \times 350 \text{ btu})$, en donde:

- Qm2: Cantidad de metros cuadrados
- Qp: Cantidad de personas

Resultando así la cantidad ideal de BTU por ambiente.

Para el cálculo de BTU se consideró 900 btu/m² ya que Asunción es una ciudad con un clima cálido gran parte del año en donde normalmente las empresas de climatización recomiendan utilizar entre 900 y 1000 btu por cada metro cuadrado en ambientes residenciales y del tipo comercial de poca concurrencia. Como resultado este análisis nos arrojó un valor de btu total que lo comparamos con el actual. De ahí podemos notar que la cantidad actual está muy por encima del cálculo realizado lo cual refleja que los equipos están sobredimensionados. Esto se debe en gran medida por la incidencia del sol en dos de las caras del edificio; la cara que da al norte y la que da al oeste en donde la incidencia del sol es mucho mayor en horas de la tarde.

3.3 Análisis de confort

A modo de información teniendo en cuenta el libro del modelo ASHRAE (2009), en donde menciona que la zona de confort térmico para las personas que utilizan vestimenta normal y se encuentran en estado de reposo o realizando un trabajo ligero, se encuentra de 20 °C a 26 °C (68 °F a 80 °F), y entre porcentajes de humedad relativa del 30 % al 70 %, siendo el porcentaje más deseable un 50 %. se procede a realizar un cálculo estimativo de la cantidad de BTU por metro cuadrado que se requiere para llegar a la temperatura deseada. Como estamos hablando de un espacio en donde el movimiento de las personas será mínimo, y la estructura está construida con concreto, mampostería y ventanas de vidrios blindex este valor nos dará un resultado bastante real según las condiciones del ambiente.

Cuando se realizar un cálculo de carga térmica para determinar el tipo y la capacidad de aparatos climatizadores lo que debe tener en cuenta en líneas generales son los siguientes factores: Tamaño del lugar, cantidad de ventanas, tipo de envolvente o tipo de paredes, altura, tipo de techo, temperatura máxima en verano, orientación, que caras están más expuestas a la

radiación solar, color de paredes y techo, ubicación del edificio, uso que se le dará, cuáles son las necesidades que debe cumplir.

3.4 Balance térmico

3.4.1 3 Balance energético

El análisis para determinar la cantidad de carga sensible y latente dentro de una edificación se realiza mediante un balance energético. En la arquitectura pasiva, lo primordial es el control de las variables climáticas, considerando todos los factores internos como materiales utilizados en la construcción, artefactos, luces, y agentes externos como el clima que puedan influir en la variación de los niveles de confort. El control de este se logra con la utilización de materiales adecuados que favorezcan la disminución térmica por radiación solar, como el tipo de vidrio, aislaciones, o protecciones naturales que disminuyan o impidan la entrada de calor otorgando un ambiente de confort agradable. (Celis D'Amico 2000)

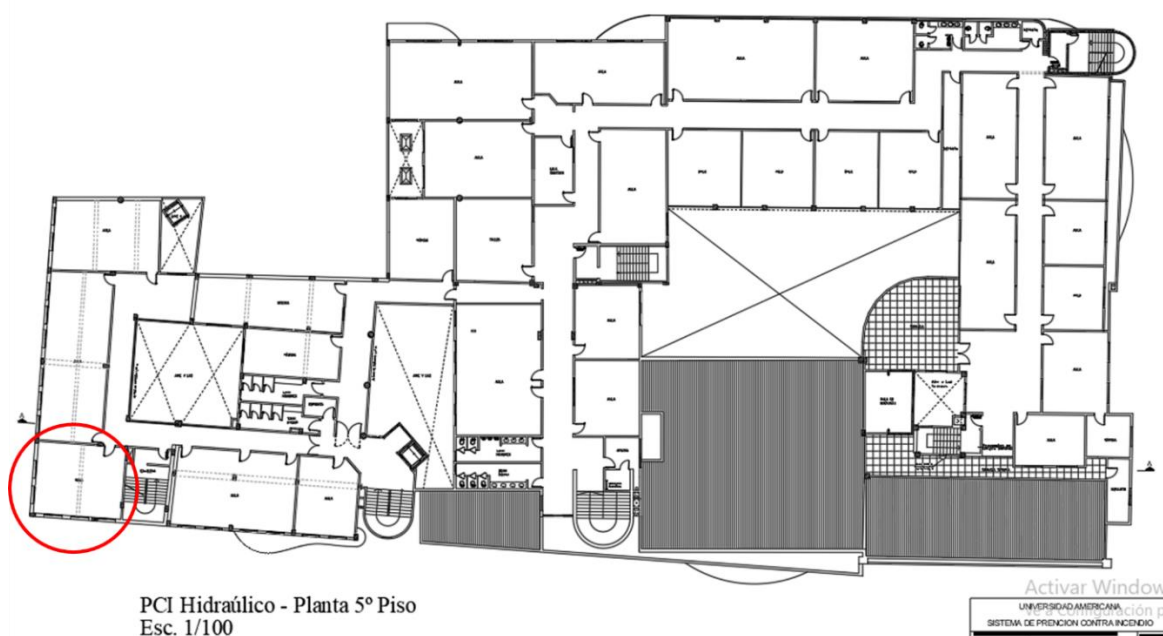


GRÁFICO 39. Plano del 5 piso del Edificio de post grado de la Universidad Americana.

Fuente: Plano PCI Actualizada al 2019 de la Universidad Americana.

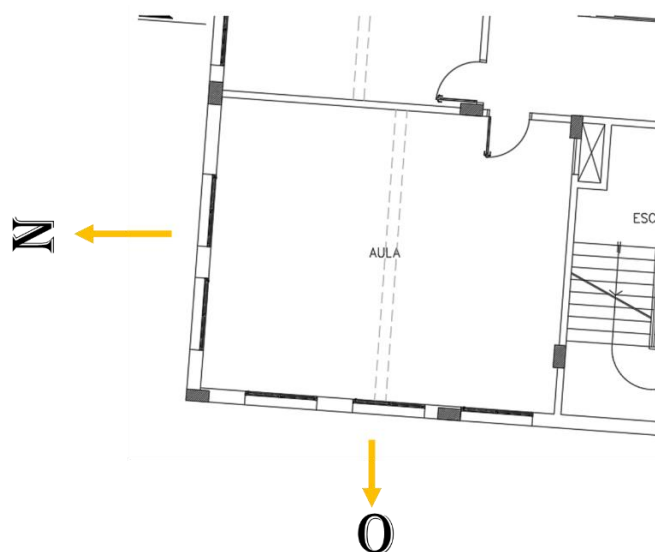


GRÁFICO 40. Plano del aula objeto de análisis. Quinto piso Edificio de post grado de la Universidad Americana.

Fuente: Plano PCI Actualizada al 2019 de la Universidad Americana.

Las medidas del área son extraídas del plano del plano arquitectónico, se realizó un balance térmico considerando las caras que van al norte y oeste, ya que las caras que dan al sur y al este no reciben radiación directa por estar dentro del recinto, La cara sur colinda con la escalera de emergencia, y la cara este colinda con otra aula.

En este cálculo se consideró, la capacidad de conducción de los materiales, tanto paredes como ventanas de vidrios, la cantidad de personas según el máximo propuesto en el plano arquitectónico, y el porcentaje de radiación solar a través de las cubiertas de vidrios, que en este caso serían las ventanas.

Los valores que podemos observar en la tabla en cuanto a los coeficientes de conductividad y radiación son datos ya estudiados que el apartado de anexos será detallado las

tablas de donde se obtuvieron. Los demás cálculos son aplicación directa de fórmula de conductividad térmica, convirtiéndolos a valores en BTU/h para determinar la capacidad de aparato climatizador se requiere para este tipo de ambiente con las condiciones actuales. De este cálculo también podemos obtener, el valor de calor que incide a través de las caras norte y oeste, siendo estas las de mayor incidencia solar.

3.4.2 Cálculo de Carga térmica en para en análisis de Aires Acondicionados.

A modo de muestra se procede a realizar el análisis de carga térmica de una de las aulas del edificio objeto de estudio, para determinar la cantidad de calor en BTU que recibe el recinto tanto calor exterior como interior. Con este cálculo determinamos la capacidad de aparatos climatizadores que debe ir por ambiente. Aunque en este caso como es un edificio ya en uso, lo que haremos es comparar con la capacidad existente en ese lugar.

Ubicación/Nombre: Sala de Clases 5to Piso. Caras al Norte y Oeste								
Metros Cuadrados del Ambiente:		51						
Conducción por Paredes								
Orientación	Material	Superf. (m2)	Te-Ti (°C)	Cond. Term. (Kcal/m2 h °C)	Cond. Term. (Btu/m2 h °C)	Espesor m	Calor (Btu/h)	Calor (W/s)
Norte	Ladrillo común 15 cm.	19.38	15	0.8	3.17	0.15	6152.38	923
	Ventana con vidrio simple	4.5	15	1.00	3.97	0.02	13392.86	268
Oeste	Ladrillo común 15 cm.	23.61	15	0.8	3.17	0.15	7495.24	1,124
	Ventana con vidrio simple	3	15	1.00	3.97	0.02	8928.57	179
Total							35,969	1,571
Conducción por Techo								
Orientación	Material	Superf. (m2)	Te-Ti (°C)	Cond. Term. (Kcal/m2 h °C)	Cond. Term. (Btu/m2 h °C)			Calor (Btu/h)
Techo interior de losa		50.84	15	1.4	5.56			4,237
Total								4,237
Radiación por Vidrios								
Orientación		Superf. (m2)	Coef.	Int. Rad. Sol. (Kcal/m2 h)		Calor Sensible (Kcal/h)	Calor Latente (Kcal/h)	Calor Total (Btu/h)
Norte	Vidrio Vindex	3	1	130		390		1,548
Oeste	Vidrio Vindex	4.5	1	403		1,814		7,196
Total							-	8,744
Personas								
Estado		Cant.		Calor Sensible (Kcal/h)	Calor Latente (Kcal/h)	Calor Sensible (Kcal/h)	Calor Latente (Kcal/h)	Calor Total (Btu/h)
Sentado en reposo		35		55	10	1,925	350	9,028
Sentado y trabajo liviano				55	25	-	-	-
Trabajo oficina con cierta actividad				55	50	-	-	-
Trabajo liviano				60	70	-	-	-
Trabajo pesado				80	80	-	-	-
Trabajo muy pesado				120	120	-	-	-
Total						1,925	350	9,028
Artefactos Eléctricos								
Artefactos		Pot. Elec. (W)	Cant. Arterf.	Pot. Elec. (W)		Calor Sensible (Kcal/h)	Calor Latente (Kcal/h)	Calor Total (Btu/h)
Notebook/Computadora		200	1	200			172	683
Total							172	683
Renovación de Aire								
		Caudal (m3/h)	Te-Ti (°C)	Hee-Hei (g/Kg)		Calor Sensible (Kcal/h)	Calor Latente (Kcal/h)	Calor Total (Btu/h)
Caudal libre		0	15			-	-	-
Total						-	-	-
Otras Cargas								
						Calor Sensible (Kcal/h)	Calor Latente (Kcal/h)	Calor Total (Btu/h)
								-
Total						-	-	-
Total General								58,660
CAPACIDAD DE EQUIPOS A INSTALAR								58,660
CAUDAL CFM								
BTU/ POR METRO CUADRADO								
Consideraciones								
- Condiciones externas:								
Temperatura BS °C:		38						
Humedad relativa %:		60						
- Condiciones internas:								
Temperatura BS °C:		23						
Humedad relativa %:		60						

Tabla 8. Planilla Balance térmico de un aula del quinto piso del edificio de postgrado de la Universidad Americana.

3.5 Cálculos de paneles solares fotovoltaicos

Con el fin de determinar el hecho de que es necesario la colocación de paneles solares fotovoltaicos revisaremos unos datos que nos indican el nivel de incidencia solar en las diferentes caras de un edificio.

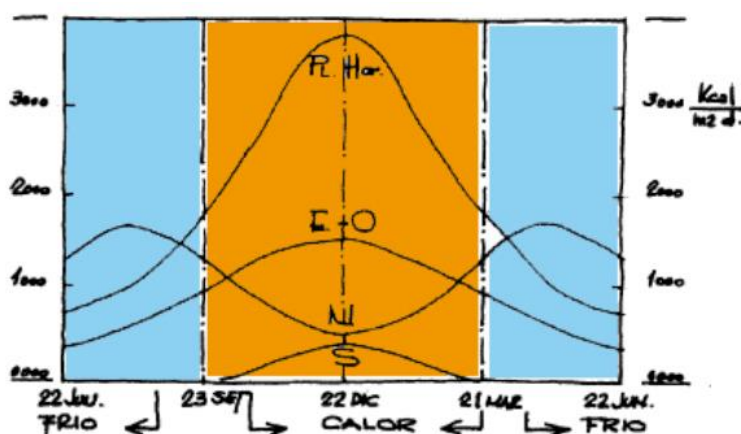


GRÁFICO 41. Cantidad de energía que incide en cada uno de los cinco planos de la arquitectura (Cubierta o plano)

Fuente: Ríos Silvio y Gill Emma, 2020

Porcentuales comparativos de radiación recibida			
Fachadas	Radiación	% promed.	5 vis Norte
Cubierta	3000	217,39	500
Este	1400	101,45	233
Oeste	1400	101,45	233
Norte	600	43,48	100
Sur	500	36,23	83
Promedio	1380	100,00	

Para el solsticio de verano
22 de diciembre

Tablas 9. Cantidad de energía en cada una de las fachadas

Fuente: Ríos Silvio y Gill Emma, 2020,

Como podemos observar tanto en el gráfico como en la tabla, en ciudades como Asunción, en donde aproximadamente tenemos 8 meses de calor y por ende una fuerte radiación solar. La cantidad de energía solar que incide en la planta techo prácticamente duplica a las demás caras. Con esto podemos demostrar de que el hecho de colocar paneles solares en la planta azotea, sería no solo una opción para la captación de energía solar para uso energético, sino que también serviría de cobertura y protección térmica, siendo un sistema de aislación para todo el techo. (Ríos S. y Gill E, 2020)

Por ende, se presenta el siguiente análisis de cantidad de paneles solares necesarios para cubrir la demanda energética específicamente en aires acondicionados.

3.5.1 Medidas existentes de los paneles solares fotovoltaicos detallados en milímetros.

Capacidad vatios	Ancho mm	Largo mm	Espesor mm
320	992	1950	40
275	992	1640	40
270	992	1640	40
265	992	1640	40
240	992	1475	40
200	992	1240	40
160	670	1475	35
130	670	1205	35
120	670	1115	35
100	670	945	35
80	670	770	30
60	505	770	30
50	505	650	25
40	505	550	25
30	345	605	25
20	345	470	25
10	185	415	18

Tablas 10. Capacidad y medidas de paneles fotovoltaicos.

Fuente: Página: Eco inventos.

3.5.2 Especificaciones Técnicas de paneles solares fotovoltaicos

- Potencia máxima 330 Watts
- Voltaje 37.87 V
- Amperaje 8.71 A
- Voltaje a circuito abierto (Voc) 46.79 V
- Corriente a corto circuito (Isc) 9.18A
- Dimensiones 1956 x 992 x 40 mm
- Peso 22.8 kg
- Temperatura ambiente $45\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$

Nota: Las especificaciones eléctricas se indican bajo una irradiancia de 1000 W/ m² y temperatura de 25 °C.

Fuente: Datos reales de un panel solar ofrecido al mercado a través de: Wireless Shop.

3.5.3 Calculo para paneles solares en planta techo

Esto lo tomamos con el fin de poder hacer el siguiente análisis. De tal manera que cualquiera que revise esta investigación tenga la certeza de que estas medidas existen y que los valores son reales en el mercado. Los paneles solares en general no son muy grandes, y dependiendo del área total y de la inclinación sobre el techo es que podemos determinar la cantidad de vatios que puede llegar a generar.

A continuación, veremos una serie de cálculos para determinar cuánto se necesitaría para un área como la planta azote de la universidad en función a la cantidad de consumo que se

requiere para cubrir la demanda energética de los aparatos climatizadores, en donde anteriormente ya determinamos cuanto es el consumo por hora.

Un día soleado sería, considerando el tamaño máximo de la tabla mostrada anteriormente y tomando un valor aproximado de espacio ocupado podemos tener lo siguiente:

Un panel solar de medidas 992 x 1950 cm: 1.934 m² redondeando 2 metros cuadrados.

En un periodo de tiempo de 10 hs en promedio, lo cual habíamos visto anteriormente en el apartado de cantidad de luz solar por día. Se obtendría:

$$320 \text{ w} \times 10 \text{ hs} = 3.200 \text{ w por día}$$

Esto en un panel solar de 2 metros cuadrados. Ahora en 177 m² y 76 m² tendremos:

$$320 \text{ w} \text{ ---- } 2 \text{ m}^2$$

$$X \text{ w} \text{ ----- } 253 \text{ m}^2$$

$$X = (253 \times 320) / 2 = 40.480 \text{ w por hora}$$

$$40.480 \text{ w} \times 10 \text{ Hs} = 404.800 \text{ w}$$

Siendo esto: 404.8 KW Dia

Capítulo IV – Sustentabilidad

4.1 Ciclo de vida de los edificios

En todo el mundo, tanto ingenieros como arquitectos realizan investigaciones de tal manera a reinventar herramientas, métodos y técnicas para lograr buenos diseños, con el fin de logran una buena planeación de edificios y por ende ciudades; al igual que los análisis económicos, ya que al final el objetivo es generar un desarrollo social y económico. De la misma manera se hacen los estudios de impacto de ambiental, ya que como habíamos mencionado anteriormente las edificaciones de manera directa o indirecta generar un tipo de contaminación,

este último con mayor análisis ya que el ciclo de vida de una edificación es mucho más prolongado de cualquier otro artículo, tecnología o aparato. Una edificación tiene un ciclo de vida que va desde su concepción, diseño, producción, uso, mantenimiento, fin de vida útil, y, en consecuencia, la protección del medio ambiente se debe dar durante todas estas etapas de manera preventiva y no correctiva, con el fin de evitar un impacto ambiental negativo que no pueda llegar a remediarse.

Ahora bien, ¿cómo lo hacían en el pasado, teniendo en cuenta que no existían tecnologías que pudieran contribuir a crear un ambiente confortable, Aun siendo el periodo de vida útil mucho más prolongado que los edificios de hoy en día? Desde mi punto de vista: arquitectura bioclimática, utilizando la energía de los recursos naturales en su estado puro. Se diseñaba de tal forma a utilizar aberturas, materiales, entorno, de tal forma a crear un sistema de confort natural, en donde todas las partes interactuaban entre sí para crear un “todo”, Autoabasteciéndose de los recursos disponibles y aprovechando al máximo la energía natural de sus fuentes. Con esto no quiero decir que volvamos al pasado, y que construyamos con paredes de 30 o 60 cm, ni que los techos tengan 6 o 7 metros de altura, si no que más bien, utilicemos los conceptos originales y adaptemos a las necesidades de hoy. (Hernández Moreno 2008)

4.2 El valor vs el costo de un edificio.

Muchas veces creemos que el valor de un edificio está en su tamaño, el costo de los materiales, o el diseño estético en sí, pero este va mucho más allá del costo monetario de construcción. Existen otros factores que se deben tener en cuenta, como ser el diseño eficiente en términos de sustentabilidad, el consumo energético, el mantenimiento durante toda su vida útil, el tipo de usos que se le dará, su entorno y lo que implica el edificio para el entorno, es decir que

valor que puede dar una edificación a una zona, como ser los beneficios medios ambientales en términos de isla de calor, por ejemplo, son algunos de ellos que se deben considerar. Pareciera ser tan simple y sencillo, pero sigue siendo una utopía en nuestro país. Aún no hemos entendido que la eficiencia energética a través de la arquitectura bioclimática es el camino para el crecimiento inmobiliario durante los próximos años. (A. Varios – 2011).

Hoy, con miras a un futuro más sustentable y con la necesidad de cambiar paradigmas de términos de construcción, y eficiencia energética; como profesionales debemos pensar en pos de un futuro en donde las ciudades sigan teniendo árboles, donde nuestros techos y nuestras paredes no reflejen calor o un color gris opaco de concreto puro, sino más bien generar valor en términos de calidad de vida, medio ambiente, disminución de contaminación visual, creando muros verdes y no paredes muertas, techos de luz, pero de luz solar a través de paneles que puedan captar esa energía limpia y abundante.

4.3 Criterios ambientales en las edificaciones

Para que un edificio sea sustentable es necesario optimizar la demanda energética, esto se logra haciendo una evaluación de todas las partes básicas que componen una edificación y buscar alternativas menos invasivas, utilizando recursos renovables o con un periodo de recuperación mucho más acelerado que los utilizados actualmente.

A continuación, veremos un listado recopilado de un artículo escrito por Guerra Menjívar (2012) de algunos aspectos para tener en cuenta para la lograr una mayor eficiencia energética y optimización, y usos de recursos naturales.

- **Mecanismo de agua:** El agua es un elemento fundamental para la vida, por lo que debemos cuidarla en todas sus presentaciones. Uno de los desafíos que tiene la

arquitectura y la Ingeniería es buscar la manera de aprovechar el agua de lluvia de tal forma a poder reutilizarla evitando así los desperdicios y las inundaciones. Por lo que se propone el uso de insumos ahorradores de agua y sistemas de captación de agua de lluvia como una fuente alternativa ya sea para el consumo o para el sistema de riego.

- **Sistemas de energías:** Como ya hemos mencionado en varios apartados el aprovechamiento de energía limpia como el caso de la energía solar, es de las mejores opciones para reducir el consumo energético además de minimizar los cortes de luz en épocas de tormentas, o días de extremos calor en donde las cargas eléctricas de los aparatos superar las de las estaciones eléctricas disponibles para la sociedad.
- **Aprovechamiento de la luz natural:** Antiguamente la arquitectura utilizaba los recursos que le ofrecía la naturaleza como ser luz natural. Hoy nos hemos perdido en los focos, cientos de luces a tal punto de desperdiciar la luz que mejor alumbra: El Sol. Los nuevos paradigmas de arquitectura bioclimática nos invitan a utilizar nuevamente estas estrategias con el fin de aprovechar el potencial del sol, no solo como fuente de energía, sino que también como fuente de luz.
- **Sistemas constructivos:** Los edificios grises de concreto puro ya no son tendencia en el mundo de las construcciones, hoy la necesidad de recuperar el medio ambiente natural es el nuevo desafío tanto para la arquitectura como para ingenieros de diferentes especialidades como lo es el caso de los forestales que se ven en la tarea de poder crear estructuras o formas de recubrimiento vegetal, con el fin de crear paredes frescas y agradables a la vista del ser humano.
- **Urbanismo:** Mejorar los espacios públicos, agregando corredores verdes, orientando los edificios de tal forma a no generar islas de calor, o favorecer la sombra con respecto a las

demás edificaciones, ocupar solo el espacio necesario dejando el resto como espacio público, manteniendo la naturalidad de la zona incorporación de elementos de importancia ambiental.

Quivera 2010 dijo: “Una buena orientación y ubicación facilita una buena relación del edificio con el clima del lugar”

Tanto la ubicación como la orientación de un edificio favorecen en gran medida al ahorro energético, y reducir el impacto ambiental negativo, además de obtener una serie de beneficios bioclimáticos. Una buena ubicación, puede traer varios beneficios como el uso del sol para calentar agua, o bien para la producción de electricidad, con lo que se puede lograr la disminución del consumo energético convencional, sin afectar al entorno.

Otros de los beneficios de la buena ubicación y la orientación son el aprovechamiento de la luz solar como iluminación natural durante todo el año y las corrientes de aire o viento para ventilar los recintos. Por otra parte, la orientación con respecto al sol favorece a controlar los picos de temperatura elevada de tal manera a prever con alguna alternativa natural como plantas o cámaras de aire o con tecnología como acondicionadores de aire, las zonas donde el calor aumenta por incidencia directa del sol.

Todo esto debe venir desde la concepción de la idea, desde el estudio para la selección de sitio, planeación, diseño y calculo, de tal manera que cuando se ejecute no genere ningún tipo de problemas, o bien que al entregarse la obra se empiecen a notar las falencias en la edificación.

Hernández – Delgado (2018).

4.4 El diseño sustentable en arquitectura

A modo de resumen, de acuerdo con lo que vimos durante este trabajo de investigación bibliográfica, podemos listar una serie factores y puntos para tener en cuenta a la hora de crear un diseño sustentable. (Hernández Moreno 2008).

Propone una serie de puntos a que aglomera todas las medidas para tener en cuenta, y nos da un panorama bastante claro de que base podemos tomar si queremos empezar a trabajar con diseños eficientes y sustentables, a sabiendas de que siempre es mejor hacerlo desde la planeación del proyecto.

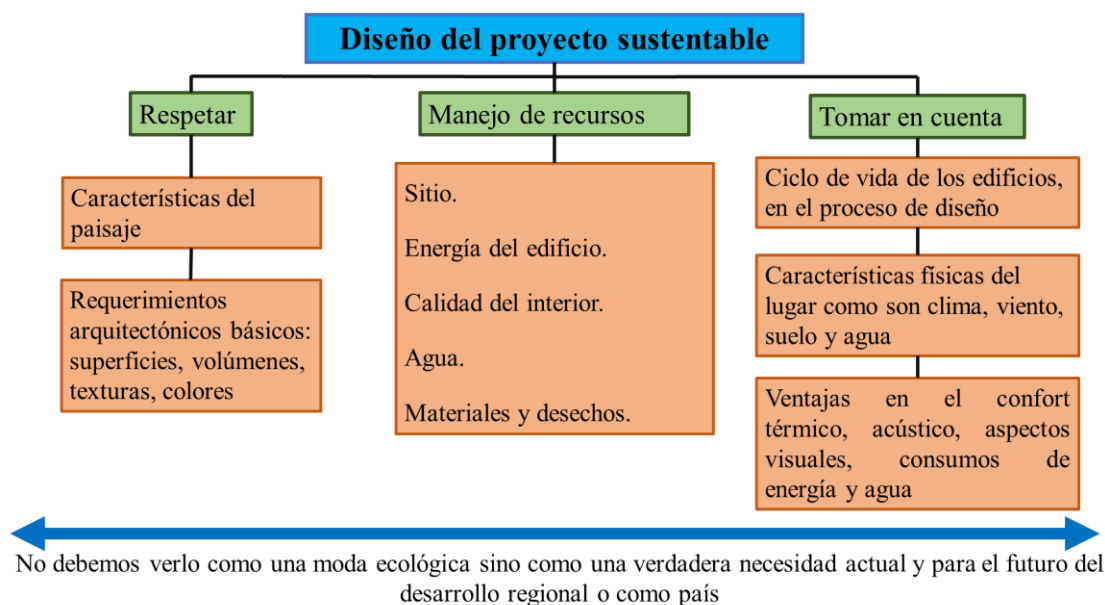


GRÁFICO 42. Parámetros a tener en cuenta para un diseño Sustentable en Arquitectura

Fuente: Elaboración Propia

Básicamente se resume en todos los puntos que habíamos tocado anteriormente, simplemente describiendo algunos con otros ejemplos o bien con otra perspectiva que no está muy alejada de lo que veníamos estudiando y analizando.

La necesidad de que la arquitectura adopte criterios de diseño y construcción más sensibles cada día va aumentando mucho más, y esta debe estar directamente ligada a la protección del medio ambiente que nos rodea, respetando todas las normas y pautas creadas específicamente para la protección y conservación de este, pero si impedir el crecimiento y desarrollo económico y por ende inmobiliario. (Domínguez – Soria 2004

4.5 Diseñar edificios en función de las condiciones del entorno

“El ser humano debe aspirar a que sus edificios se reconecten con el ecosistema, así sus habitantes podrán reconectarse con la vida” (Ken Yeang - Arquitecto de origen malasio más importante del mundo en diseño ecológico.)

Diseñar edificaciones teniendo en cuenta las condiciones climáticas de su ubicación, y aprovechando los recursos disponibles (sol, vegetación, lluvia, vientos). Todo ello, para disminuir el impacto medioambiental, e intentando reducir el consumo de energía.

4.6 Normativas y certificaciones

4.6.1 Normas Paraguayas de Construcción Sostenible

De acuerdo con lo que hemos visto hasta el momento, es imposible negar la necesidad de actuar en función de cambiar los paradigmas de la construcción en función a un sistema mucho más sustentable. Si nos basamos en las normas de construcción sostenible, podemos ver como esta detalla una serie de indicadores para considerar con el fin de cumplir con reglamentaciones de sustentabilidad. Para este trabajo de investigación se revisó y estudió el apartado 6 de islas de calor de la norma INTN sobre construcción sostenible en donde en él, inciso 7.1 – 7.1.2 donde se detalla lo siguiente como requisito a cumplir con el fin de paliar los efectos de islas de calor en las ciudades: *Efecto isla de calor a nivel del suelo y elementos de sombra - Efecto isla de calor a nivel de la cubierta*

Requisitos: “Realizar la cobertura de espacios cerrados con techos verdes o materiales de alta reflectancia ante la incidencia solar directa, como mínimo el 75 % para el nivel 1 o 90 % para el nivel 2 de la superficie de cubierta calculada, descontando las superficies ocupadas por las instalaciones, equipos y las sombreadas por los paneles solares en caso de que hubiera”.

Como podemos ver las propuestas presentadas no solo forman parte de una innovación o una nueva tendencia estética, sino que hoy en día son regulaciones que poco a poco serán exigencia para todas las ciudades con el fin de reducir los efectos de islas de calor.

Como se menciona en el material elaborado por la Dirección General del INTN, todos estos criterios deberán tenerse en cuenta a lo largo de todo el proyecto, es decir, desde la concepción de la idea a la hora de diseñar, durante la ejecución hasta el momento de la entrega final, con el fin de minimizar los efectos dañinos que producen las construcciones ineficientes.

Fuente: Comité técnico de Normalización Ctn 55 “construcción Sostenible” – 2015

Norma paraguaya INTN NP 55 001 14 Construcción sostenible Sitio y Arquitectura. Requisitos Generales - Diciembre/2014 - Primera edición

4.6.2 Certificación LEED

La certificación LEED (Leadership in Energy & Environmental Design), en español significa: Líder en Eficiencia Energética y Diseño Sostenible, es una norma creada para certificar a aquellas edificaciones nuevas o recicladas que cumplan con ciertos estándares de protección ambiental con el fin de disminuir, la contaminación ambiental y otros fenómenos como ser el de islas de calor en las ciudades. (Wenninger G. Carolina, 2017,)

Como ya se mencionó este tipo de certificaciones no solo aplica para nuevas construcciones, sino para todos aquellos edificios que se quieran cambiar y mejorar en términos

ambientales, como ser nuestro caso de estudio en donde proponemos reciclar el edificio de Post grado de la universidad americana y adaptarlo a un modelo bioclimático eficientemente energético.

A continuación, veremos un grafico donde podemos observar alguna de las areas a considerar para la certificación LEED que podrían incluirse dentro de nuestro caso de análisis.



GRÁFICO 43. Areas Consideradas para la certificación LEED

Fuente: Luis Martín Martínez, 2020, Construcción sostenible: Certificado LEED y el agua
Tanto el sitio de análisis como energías y atmósferas son las áreas en donde nuestro edificio podría certificar si se adapta según las propuestas que compartiremos a continuación.

Capítulo V - Propuestas

5.1 Propuesta de Diseño eficiente del edificio.

Para que una edificación sea sustentable, bioclimática y que se logre optimizar los recursos, promoviendo una cultura de uso eficiente de la energía, la clave está en el correcto diseño del proyecto.

Es muy importante que desde la concepción de la idea se tengan en cuentas todos los factores que hacen que un proyecto sea sustentable y que pueda reunir las características o requerimientos que tiene una edificación bioclimática. Un buen diseño necesita un buen cálculo, y por ende un buen análisis de lo que realmente se quiere obtener.

Primeramente, se debe tener bien claro cuál es el fin del proyecto, que es lo que se quiere hacer, cómo se quiere lograr y los medios disponibles para llegar al objetivo. Cuando hablamos de edificios bioclimáticos, estos reúnen una serie de requisitos que se debe cumplir para que un proyecto califique correctamente. Y se debe trabajar desde la ejecución de este. Ahora bien, si lo que se quiere hacer es convertir un edificio convencional en bioclimático, lo primero es analizar la situación o estado actual del edificio objeto de estudio para determinar las acciones estrategias que se podrían llevar a cabo para cumplir con el objetivo de transformarlo en un edificio bioclimático o parcialmente bioclimático. Continuando con el análisis del edificio de post grado para convertirlo en un edificio bioclimático, debemos detallar el estado actual del mismo.

Ya contamos con el análisis en cuanto a equipos climatizadores, ahora bien, trabajaremos con las propuestas de tal forma a convertir un edificio convencional en uno bioclimático sustentable

5.1.1 Análisis de la incidencia solar.

Por medio del plano con localización, de acuerdo con la orientación Norte – Sur del edificio, como se observa en la imagen se denota los siguientes detalles



GRÁFICO 44. Orientación del Edificio de la Universidad Americana con respecto al Norte.

Fuente: Mapa – Google maps. Dirección de puntos cardinales – Elaboración propia.

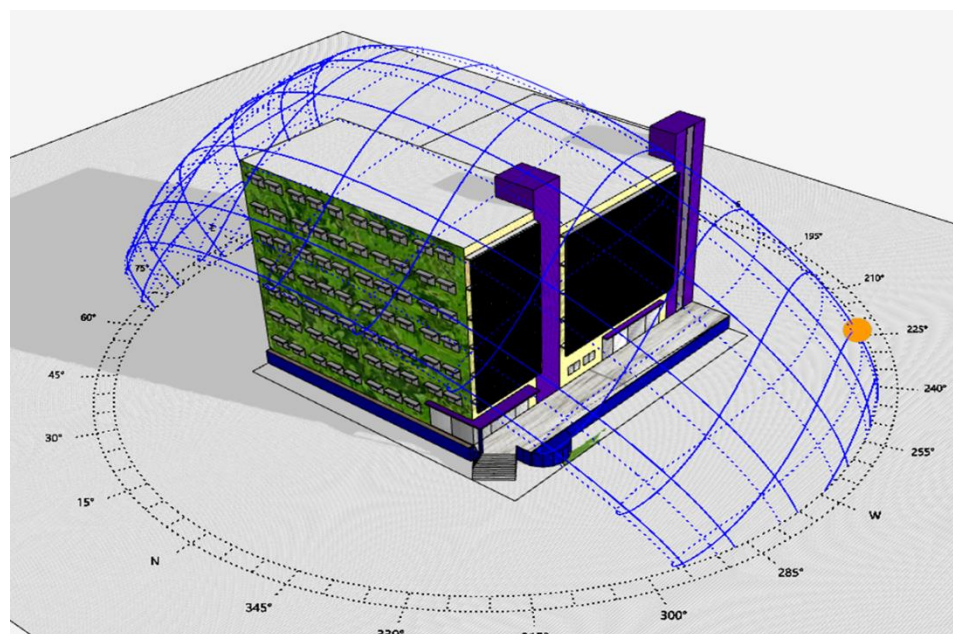


GRÁFICO 45, análisis de la incidencia solar cara Oeste

Fuente: Arq., Analía Villalba, 2021, Asunción – Software: Rinnho

La cara principal da al oeste, el costado o lateral del edificio da al norte y la cara posterior o parte trasera da al este. Esta última, si bien el sol de la mañana es el menos fuerte, esta sección de la edificación está cubierta por una vivienda y unos árboles, además de que la misma arquitectura del edificio sirve de protección por parte del lado norte, por lo tanto la incidencia solar es mínima. Así como vemos en la fotografía la cara este es la que requiere menor atención.



GRÁFICO 46. Fotografía Vista Posterior. Este y Norte del edificio de Post Grado.

Fuente: Fotografía toma propia

5.2 Envoltente o protección

Ahora bien, para el caso de cara oeste tenemos una superficie totalmente expuesta al sol de la tarde siendo este el más caliente. Por esa razón es que se recomienda la cobertura o protección de esta. Para ello se podrían optar por dos técnicas, por un lado, la utilización de voladizo en la parte superior de tal manera a que pueda cubrir la vertical del sol en los meses de

verano en donde este tiene una trayectoria totalmente vertical con respecto al edificio, generando cierta sombra.

La cara oeste, fachada de la universidad es la que mayor radiación recibe durante el día, y sobre todo en verano, es por ello por lo que para este caso se propone una protección solar del tipo parasol horizontal que sirve de sombra y no impide la visualización de adentro para afuera ya no tapa completamente la visibilidad por la posición de las láminas. Con esto logramos funcionalidad, estética, además de disminuir notablemente la incidencia solar a través de la radiación directa y por ende la disminución de la temperatura ambiente del recinto.

A continuación, vemos un ejemplo de parasoles horizontales, del edificio del banco Sudameris, que con una elegancia y estilo cubren la fachada norte y oeste de este edificio, que al igual que nuestro objeto de estudio requiere cuidar la estética de su fachada.

Como podemos observar en el ejemplo a continuación:



GRÁFICO 47. Aleros al norte y una protección horizontal al oeste

Fuente: Silvio Ríos 2018, Isla de calor

Fachada cubierta por una serie de lamas horizontales metálicas que protegen la piel interior

La siguiente opción es la de proteger completamente la fachada con parasoles como podemos observar en la imagen.

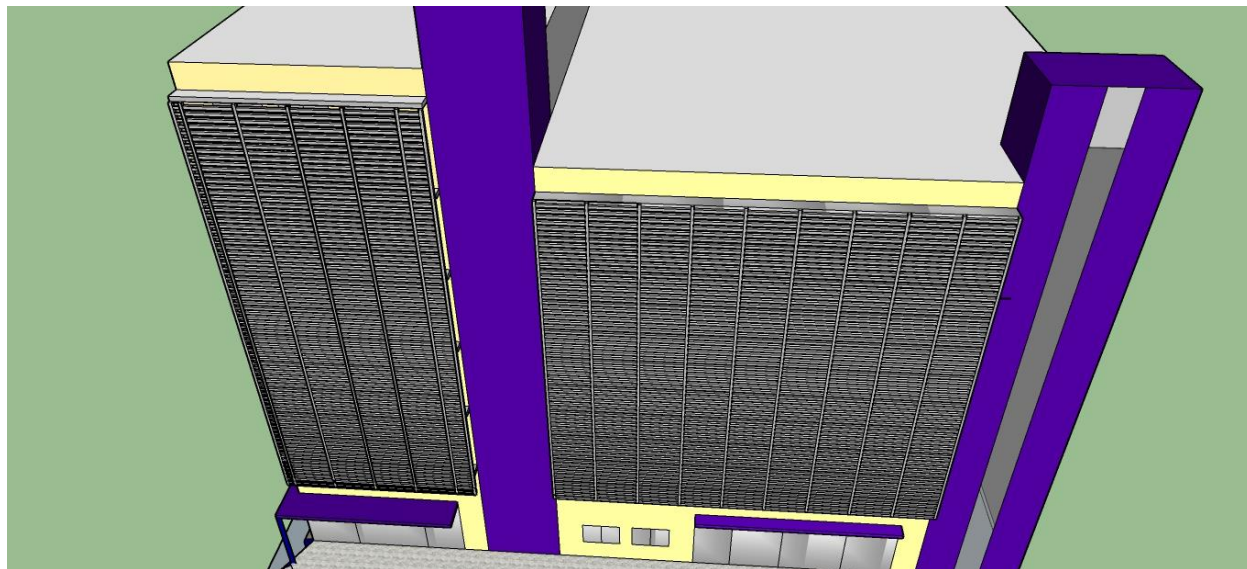


GRÁFICO 48. Diseño Fachada Oeste vista aérea del Edificio de Post Grado.

Fuente: Elaboración Propia en el programa SketchUp



GRÁFICO 49. Diseño de Cara Oeste. Parasoles verticales como protección contra radiación.

Fuente: Elaboración Propia en el programa SketchUp



GRÁFICO 50. Fotografía de la fachada principal de la Universidad Americana

Fuente: Google maps - Street View - Fotografiado por Víctor Cerda mayo 2016

Otras técnicas aplicables a este tipo de caso son los cerramientos de alta inercia térmica. Como se puede observar en la imagen la fachada se encuentra totalmente descubierta, esto genera que una gran masa de calor este constantemente entrando por este sector generando mayor uso de aparatos climatizadores para paliar la necesidad de confort dentro del ambiente. Por ello los cerramientos de alta inercia térmica son una opción factible en donde la utilización de muros de ladrillo macizo, permiten acumular la energía recibida gracias a la inercia térmica, durante el día acumular una cierta cantidad calor y cederla hacia el interior durante la noche.



GRÁFICO 51. Fachada Esquina Noroeste

Fuente: Fotografía toma propia

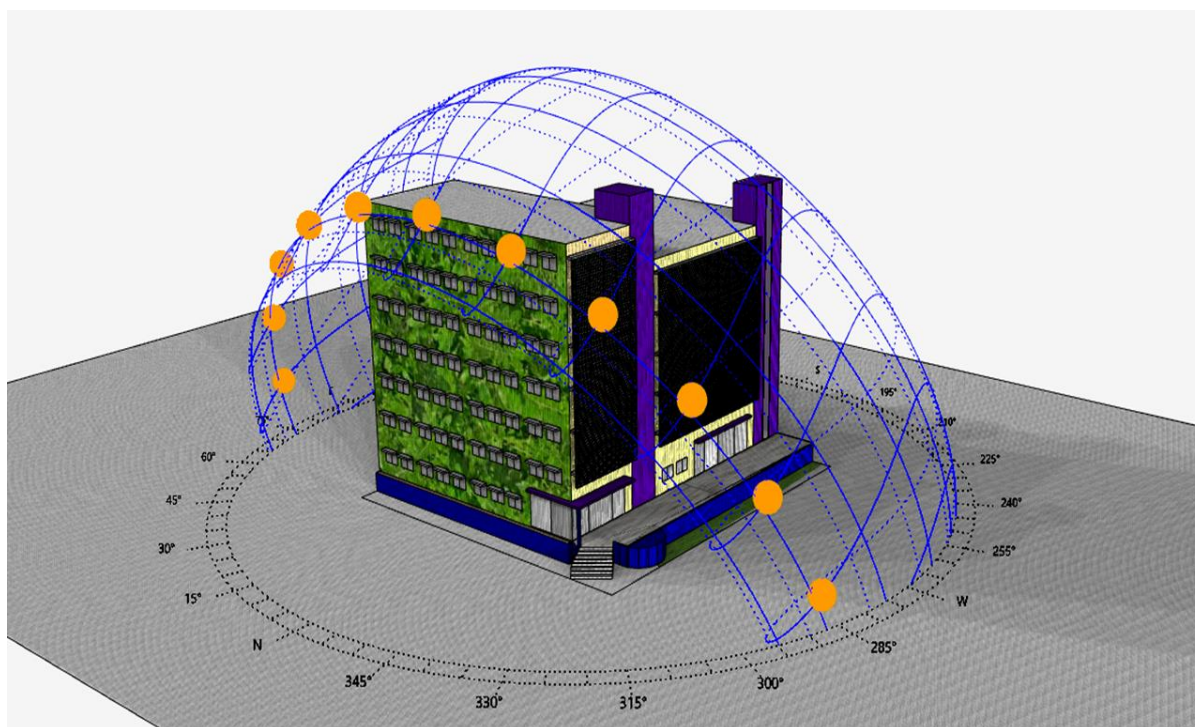


GRÁFICO 52. análisis de incidencia solar cara norte.

Fuente: Arq., Analía Villalba, 2021, Asunción – Software: Rinnho

La fachada lateral que da al norte se expone solamente en invierno donde el sol tiende a bajar como se ve en el siguiente gráfico, por lo tanto, a diferencia de la cara frontal, esta recibe la radiación solar en invierno en donde resulta aún más beneficioso ya que sirve como colector de calor y por ende mantener el recinto a una temperatura agradable durante los días de frío. Como esta última está cubierta por arboles cara análisis del diseño actual de acuerdo con las definiciones de sistemas pasivos para este tipo de edificaciones. No obstante, para esta cara se propone trabajarla de otra manera.

Hemos hablado mucho de la tendencia en alta hacia la sustentabilidad y a la necesidad de convertir edificios convencionales en bioclimáticos, con el fin de buscar una mayor eficiencia energética. Es por ello por lo que para la cara norte la mejor opción en cuanto a coberturas o protección térmicas es la de los muros verdes.

A continuación, se expone una serie de ideas que podrían ser factibles para cubrir las paredes de una vegetación adecuada para este tipo de clima y zonas.

5.3 Paredes verdes



GRÁFICO 53. Pared verde en el edificio Santaia de Bogotá. Foto: Paisajismo Urbano

Fuente: Isabel Martinez - 2019

En su artículo Isabel Martínez menciona lo siguiente *“Los jardines verticales se han convertido en espacios verdes integrados en las ciudades, en muros y paredes de edificios, no solo como elementos decorativos sino también dispensadores de oxígeno y hogares para pequeños animales desprotegidos por las inclemencias de las urbes contaminadas.”*

Siguiendo con esa premisa, ¿porque no podríamos nosotros adaptar nuestros edificios a estos sistemas tan funcionales y agradables a la vista? Sería una excelente opción para paliar las altas incidencias solares en nuestros muros, mantener un nivel de humedad agradable, refrescar el ambiente y hermosear el paisaje.

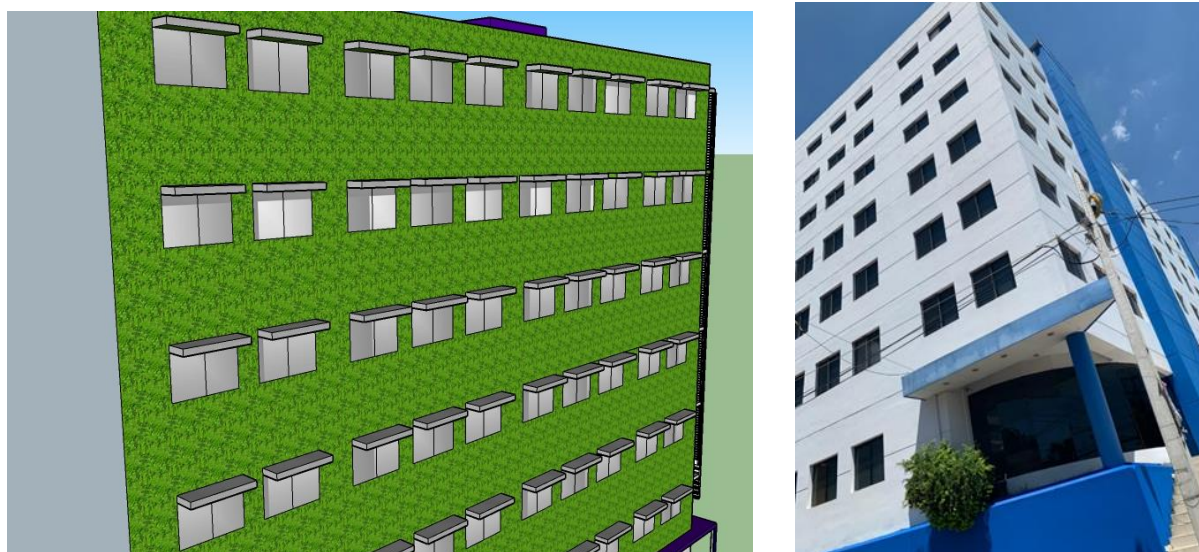


GRÁFICO 54. Diseño Vista Norte – Pared cubierta de vegetación. Con voladizo sobre ventanas.

Fotografía Esquina Noroeste.

Fuente: Elaboración Propia en el programa SketchUp – Fotografía toma propia.



GRÁFICO 55. Vista Noroeste.

Fuente: Elaboración Propia en el programa Sketchup – Fotografía toma propia.

Cada vez más ciudades optan por esta tendencia, y sería muy bonito que edificios educativos como el de la universidad americana promovieran esta cultura sustentable en sus edificaciones.

Siguiendo con el objeto de análisis, la estructura y disposición de la universidad reúne las condiciones para montar este tipo de paredes sobre en su fachada lateral. Y como mencionaba anteriormente, es un excelente tema de investigación y análisis para especialistas o estudiantes de las disciplinas de agronomía y afines con el fin de reducir los niveles de calor además de crear un paisaje agradable a la vista.



GRÁFICO 56. El jardín vertical interior de Ignacio Solano – Hotel Gaia B3, Bogotá, colaboración con Groncol.

Fuente: Alicante, 17 junio, 1977

Aquí vemos un ejemplo de cómo podría quedar la fachada norte del edificio de post grado. El edificio que vemos tiene las mismas características de paredes lisas con varias ventanas. Con lo cual se puede determinar que nuestro edificio quedaría agradable a la vista y funcionalmente cumpliendo con el cometido que es disminuir el calor y por ende el consumo en cuanto a aires acondicionados.

5.3.1 Sistema de Siembra

Como es una edificación ya existente, es decir debemos adaptarnos al modelo actual y a la estructura actual, los recursos que disponemos son el mismo edificio y su entorno. A fin de no modificar la estructura original, una de las opciones es utilizar un pequeño espacio lineal al constado entre pared y vereda, ya que existen ciertos tipos de plantas que no requieren un área

considerable para ser sembrados, pero si cierta profundidad, por lo que la propuesta es como se muestra en la imagen:

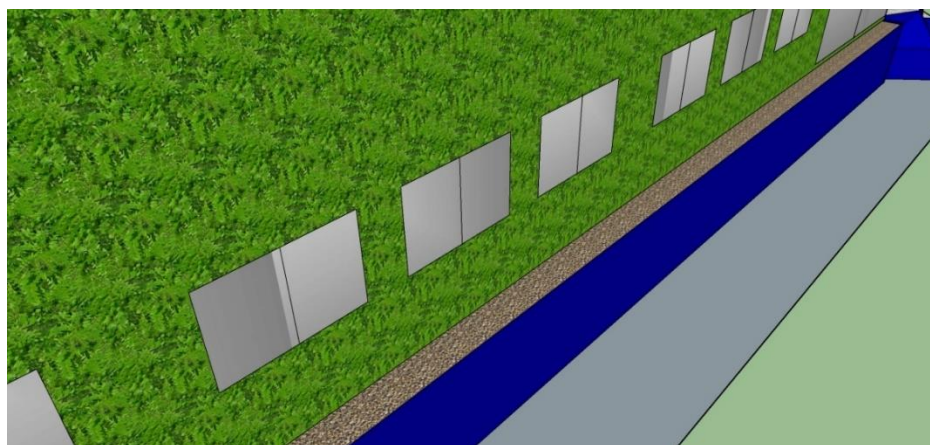


GRÁFICO 57. Diseño cantera para vegetación de paredes verdes.

Fuente: Elaboración propia en el programa Sketchup

Crear una cantera en donde sembrar con abonos especiales de tal manera a que no corran por el lado de la vereda y que pueda ser contenido en el mismo. Como el tipo de vegetación debe ser enramada, está por naturaleza subirá por las paredes hasta cubrir la totalidad de esta.

5.3.2 Estructuras de soporte para paredes verdes

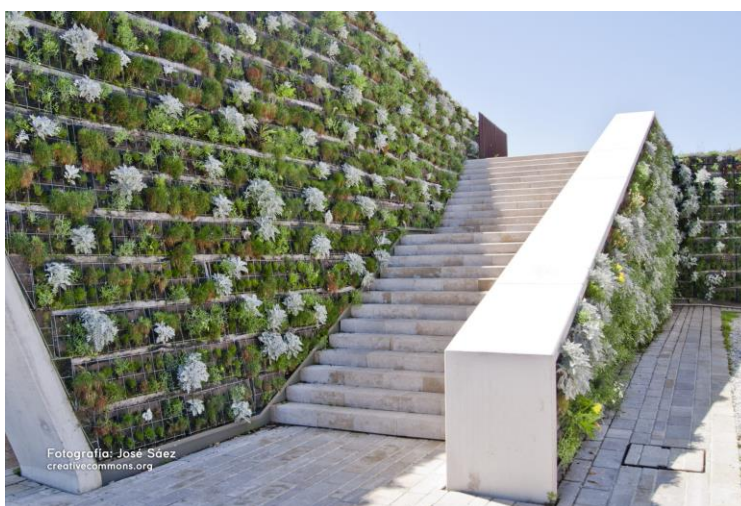


GRÁFICO 58. Estructuras metálicas, soportes para jardines verticales.

Fuente: Fotografía de José Sáez – Creativecommons.org

Otra de las opciones es la de montar unas estructuras que contengan, soporten y mantengan la vegetación por los muros del edificio. Es importante estudiar bien el tipo de plantas que se irán a colocar por las paredes, ya que hay muros que no tienen protección contra humedad, por lo que un muro verde podría ser contraproducente. Es por ello por lo que primeramente debemos analizar las condiciones del recinto. Si tiene aislación contra la humedad, si soportará la carga externa ya sea de la estructura o de la misma vegetación.

Las estructuras tienden a ser un poco más costosas que el caso anterior, pero los beneficios también son mucho mayores ya que el grosor de esta y el hecho de que naturalmente genera una cámara de aire entre pared plantas y estructuras hace que sea mucho mejor aislante térmico.

Otro dato para tener en cuenta es el sistema de riego. En el caso anterior de la cantera externa, con una canilla exterior al edificio y con la misma lluvia ya podríamos contar con el agua necesaria para que la vegetación crezca y se expanda. En el caso de una estructura con niveles, el sistema de riego debe ser uniforme y con un sistema adaptado al tipo de vegetación y estructura. Por ejemplo, sistema de riego por goteo.

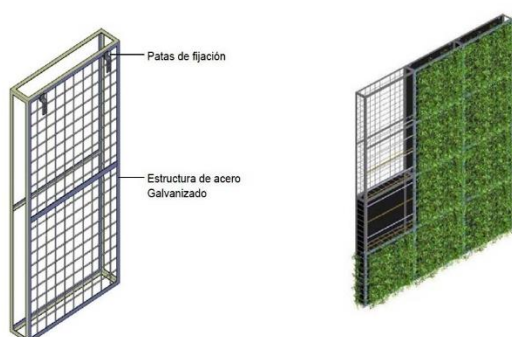


GRÁFICO 59. Estructura para muros verdes. Esquema ejemplo.

Fuente: Archdaily México

5.4 Vegetación

Se propone una mayor cantidad de vegetación alrededor del edificio, sobre todo en las caras norte y oeste las cuales estaría recibiendo radiación solar durante gran parte del día.

“La OMS le atribuye a la vegetación efectos terapéuticos, como la reducción de tensión y la fatiga”(Arquitectura y empresa)

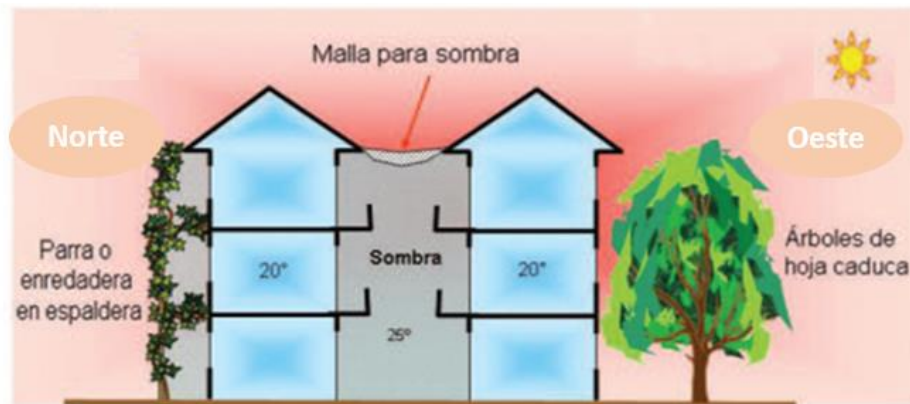


GRÁFICO 60. Cómo bloquear el sol y el calor con vegetación

Fuente: Página Ovacen, La forma de la arquitectura ante el sol y el efecto del viento.

Se puede mejorar el clima interior, con ciertas especies de plantas, dependiendo la intensidad de la radiación solar y el entorno.

Propuesta

Mitigación del calor debido al efecto de “islas” (pavimento o edificios), en zonas urbanas mediante el manejo de vegetación. (Hernández Moreno - Delgado Hernández 2010)

Como se puede observar en el mapa la avenida Brasilia que pasa frente a la universidad es una muy concurrida tanto por automóviles, autobuses y transeúntes. La vegetación alrededor de la universidad no solo evitaría el paso del calor hacia el recinto, si no que disminuiría la isla de

calor generada en los alrededores por el tránsito vehicular diario y serviría de caminero verde para los transeúntes que se movilizan a pie.

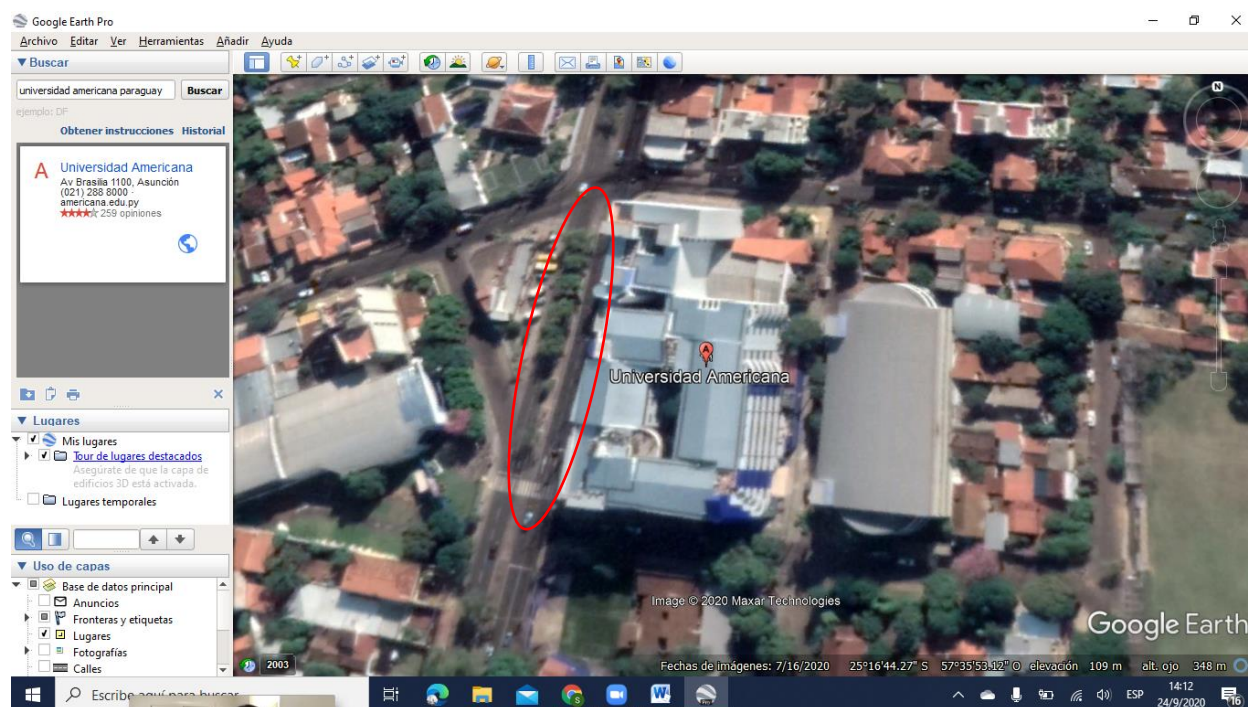


GRÁFICO 61. Vista aérea de la universidad Americana.

Fuente: Google Earth.

Una interesante propuesta es crear camineros verdes o plantar una especie de árboles como se observa en la imagen a continuación, de tal forma a no obstruir la visibilidad y crear una barrera de calor a las entradas principales del edificio.

Así como se observa en la imagen a continuación, este tipo de árboles en el jardín frontal, podría ser una buena opción por su forma. Estas especies son de la familia de las coníferas, que son los árboles altos, esbeltos, similares a los pinos, pero con un follaje tupidos normalmente de un tallo principal y pequeñas ramitas a lo largo de todo el árbol. Con este tipo de vegetación se podrían disminuir la temperatura, limpiar el aire y hermosear el paisaje.



GRÁFICO 62. Árboles de la familia de las coníferas. Adecuados para espacios estrechos.

Fuente: Página: Arquitectura y Empresa - Urbanismo: Cómo elegir qué árbol plantar - Árboles adecuados para cada espacio -

“La OMS le atribuye a la vegetación efectos terapéuticos, como la reducción de tensión y la fatiga” Fuente: Arquitectura y empresa

5.5 Ventilación

El edificio cuenta con un patio central que permite la entrada de aire natural al edificio, desde la parte trasera hacia arriba como se visualiza en la foto, los pasillos de las aulas se encuentran abiertos al patio central lo cual hace que corra una brisa constantemente en todo el interior del edificio.

El patio central, forma parte de una de las estrategias bioclimáticas en donde gracias la entrada y salida del aire se logra Enfriar, Ventilar, Iluminar, Humedecer, Purificar el aire, además de ser una forma Confort visual para los que usuarios del recinto.



GRÁFICO 63. Fotografía de uno de los patios centrales del ala de post grado de la Universidad Americana.

Fuente: Blog del estudiante. Universidad Americana

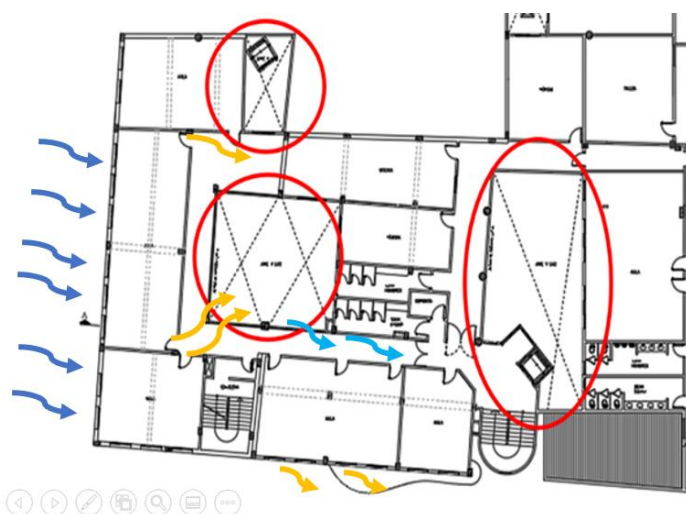


GRÁFICO 64. Plano del Ala de Post grado de la Universidad Americana. En círculo rojo se visualizan los patios centrales; aire y luz.

Fuente: Plano PCI de la Universidad Americana

5.6 Climatización

5.6.1 Sistemas de climatización

Como hemos explicado anteriormente, el edificio cuenta con un sistema de climatización convencional del tipo On/Off, lo cual genera un alto consumo energético, de la misma manera hemos hablado de un sistema mucho más sustentable como lo es el inverter, como el sistema de instalación para ambos tipos de equipos es el mismo, no había ningún problema estructural para hacer el cambio de un sistema a otro.

Ambos tipos utilizan las mismas cañerías, espacios, soportes, y sistemas de drenajes. El único cambio sería el de las unidades evaporadoras y condensadores. Además, los equipos que se encuentran actualmente ya tienen un periodo de uso de varios años lo cual, facilita el hecho de realizar un cambio puesto que la vida útil está llegando a su límite, y por ende en cualquier momento debería de pensarse en la posibilidad de hacer esta migración a otro sistema más sustentable como lo son los equipos inverter.

La diferencia entre un sistema convencional y un sistema inverter, radica especialmente en el consumo energético y en el nivel de temperatura agradable constante.

Como podemos observar en el gráfico, el sistema inverter no necesita encenderse y apagarse cada que llega a la temperatura deseada, sino mantiene un nivel de consumo, y por ende no genera pérdidas de temperatura en cada parada del compresor

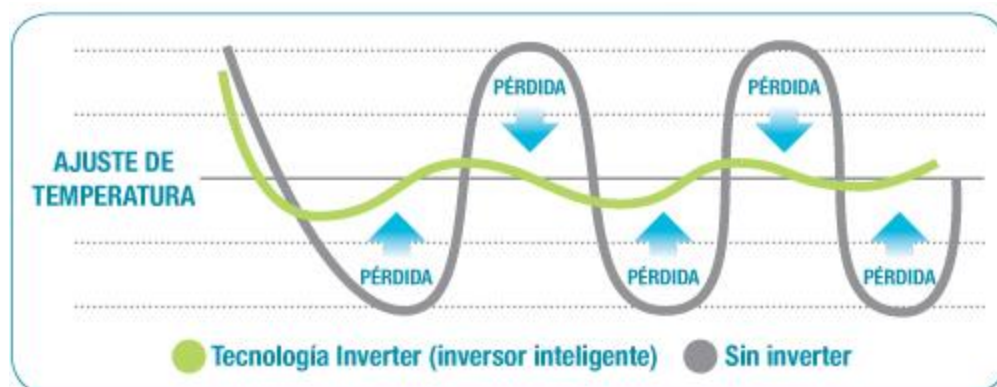


GRÁFICO 65. Diferencia entre un sistema convencional y un sistema inverter.

Fuente: Mantenimientoszaragoza.com

Si queremos llegar a un nivel de eficiencia energética en términos de aparatos climatizadores, y no tener que cambiar la estructura del edificio, la mejor opción son los sistemas inverter.

5.6.2 Refrigerantes

Por otra parte, continuando con el tema de los aires acondicionados, otro de los elementos relacionados a un estado de sustentabilidad, son el uso de refrigerantes ecológicos, los cuales no podemos dejar de mencionar en esta investigación. Si bien no está del todo comprobado que un equipo puede consumir menos o más energía si utiliza refrigerantes ecológicos o no; uno de los objetivos de este estudio es el de elaborar propuestas sustentables. Una de ellas es la de ayudar a proteger el medio ambiente, y esto también se puede lograr a través de la disminución o eliminación de gases de efecto invernadero como lo son los refrigerantes R-22.

A medida que vamos avanzando, se descubren nuevas combinaciones de gases más amigables con el medio ambiente. Actualmente existen los gases del tipo 410A, que estas catalogados como refrigerantes ecológicos libre de agentes contaminantes. Con el uso de estos

refrigerantes podemos cumplir con otro de los requisitos de la certificación LEED, que propone la construcción o reciclado de edificios ecológicamente sustentables.

5.7 Paneles solares fotovoltaicos

De acuerdo con el cálculo de consumo energético en cuanto a la utilización de aparatos climatizadores, pudimos ver que el mismo es muy elevado, generando un excesivo gasto y un uso desmedido de energía eléctrica. Si bien la fuente de energía en asunción proviene de una fuente de energía renovable como lo es la hidráulica, lo que se propone es instalar unos paneles solares fotovoltaicos exclusivamente para los aires acondicionados, porque si bien proponemos estrategias que mejoren los niveles de temperatura, no podremos eliminar por completo el uso de aparatos climatizadores. Por ende, sería bueno contar con un sistema de captación de energía solar, ya que se acuerdo a la ubicación y al uso como área técnica de la planta azotea del edificio contamos con las condiciones necesarias para la instalación de dicho sistema de reserva de energía. Por otra parte, como hemos visto en cálculos anteriores, en la tabla: 00, la cara que recibe mayor radiación es la cobertura o tapa del edificio, que sería nuestra planta techo, lo cual nos da doble ventaja. Por un lado, un espacio para la instalación de paneles solares y por otra parte, los mismos paneles servirán como cobertura para esta cara, sirviendo de protección térmica y evitando el ingreso excesivo de calor a través de esta superficie.

Fuente: Plano PCI de la Universidad Americana – Propuesta elaboración propia.

En función a los cálculos realizados previamente se propone utilizar un sector de la planta azotea destinado a la colocación de paneles solares fotovoltaicos de tal forma a cubrir una parte de la demanda energética generada específicamente por los aparatos climatizadores en donde de acuerdo con los cálculos obtuvimos en el análisis de carga cantidad de aparatos climatizadores por piso, se encontro que el consumo aproximado total en aires acondicionados es de 328.6 kw/h. con esto podemos decir que: con la utilización de paneles solar lograríamos cubrir la totalidad o por lo menos una gran parte del consumo energético de los citados aparatos, de tal manera a reducir el consumo energético y potenciar el uso de energías limpias. Además de ser una fuente inagotable, que no depende de las líneas de transmisión eléctrica de la ciudad.

Para el análisis de factibilidad económica sería bueno realizar el cálculo costo beneficio a largo plazo, considerando la vida útil tanto del edificio como de los aparatos climatizadores y los paneles solares.

Ejemplo de paneles solares en edificios similares.



GRÁFICO 68. Expo Knews - Colectores Solares sobre el techo de la empresa Bimbo – México

Sobre el edificio se colocaron 33 sistemas que generarán 3.7 MW, lo que hace factible este sistema como medio de generación de energía para equipos como los aires acondicionados



GRÁFICO 69. Montaje de paneles solares en techos de edificios

Fuente: Eco inventos

Unidad VI – Resultados

6.1 Análisis o Discusión

Esta investigación nos lleva a un área de estudio que abarca varias disciplinas, es por ello por lo que sería ideal una serie de análisis partiendo de las bases estudiadas. Como esta es una maestría multidisciplinaria lo que se propone es dejar áreas de oportunidad para posteriores investigaciones como ser los siguientes casos:

Para analizar el diseño, la estructura y el envolvente será necesario un arquitecto que realice los cálculos en función a los parámetros estudiados, de la misma manera para el análisis del tipo de vegetación tanto para árboles como para muros o techos verdes se propone trabajar en conjunto con el sector agrónomo forestal, para los cálculos de cargas, paneles solares, cargas eléctricas y térmicas con ingeniero y como todo proyecto debe ser económicamente rentable y viable es necesario un especialista en la parte económica que pueda realizar los análisis de factibilidad económica, como ser el VAN Y TIR del proyecto en sí.

Para hacer un análisis económico sea cual sea el tipo de inversión se requieren analizar tres aspectos VAN, TIR, y Pay Back Period. Además de considerar datos como variación económica, interés y demás. En el caso del TIR, por ejemplo, el consumo de luz o energía eléctrica por aparatos de aire acondicionado se debe calcular cuánto sería el ahorro o gasto de acuerdo con lo que decida o no invertir. Y por último el Pay Back Period, para saber en cuanto tiempo se recupera la inversión.

En cuanto al TIR y Pay Back Period, de acuerdo con el tipo de proyecto revisar el tipo de financiamiento para saber de dónde obtener los recursos y que conviene más si pagarlo con deuda o capital propio.

La investigación además podría dar pie a estudios económicos más completos con varias brechas de estudios lo que se podría seguir investigando de acuerdo con las zonas, tipo de edificaciones y tipo de inversión.

6.2 Conclusiones

A lo largo de esta maestría tuve la oportunidad en adentrarme mucho más en ámbitos que no son propios de mi carrera profesional o de mi área de estudio, y gracias a ello pude enriquecer mis conocimientos con respecto a temas de interés como la arquitectura bioclimática. Como docente y como ingeniera especializada en el área de climatización, este proyecto fue beneficioso ya que me ayudo a completar los conocimientos a través del conjunto de disciplinas que abarca la maestría. El formar equipo con otros profesionales de distintas áreas fue una experiencia fantástica que ya logré abrir mi mente a más áreas de oportunidades que anteriormente no creía poder desarrollar. Por otra parte, el hecho de trabajar dándole énfasis a lo sustentable, hizo que pudiera abrirme a nuevos conceptos, estrategias y técnicas que antes no conocía o no trabajaba.

Profesionalmente creo que este proyecto no solo me favorece como participante de maestría sino, también a desarrollarme como persona, puesto que el tema de la sustentabilidad es un problema que nos atañe a todos. Es por ello por lo que creo que este trabajo no solo me beneficia para obtener el título, sino que también a cualquier que lo lea, o lo use para futuros proyectos de investigación.

Es por ello por lo que puedo concluir que, gracias a este proyecto, en los trabajos que me toquen emprender a futuro, podré beneficiar a quienes me toque asesorar o dar respuestas profesionales ya que, con los resultados alcanzados, he podido visualizar un panorama más general de la situación actual en términos de desarrollo urbano social y medio ambiental.

Podemos decir entonces que para que un país pueda desarrollarse tanto social como económicamente es necesario cambiar los paradigmas que se tienen en cuanto al uso eficiente de los recursos. Así como se menciona (BAJCINOVCI 2016) “It is crucial to study, adopt, adapt and implement bioclimatic architectural design principles which will enrich efficiency and reduce overall energy consumption. The main reason is the energy efficiency, indoor air quality and thermal comfort dilemma”. Traducido al español: “Es crucial estudiar, adoptar, adaptar e implementar principios de diseño arquitectónico bioclimático. lo que enriquecerá la eficiencia y reducirá el consumo general de energía. La razón principal es la eficiencia energética, calidad del aire interior y dilema del confort térmico ”

Un edificio académico con miras a un futuro sustentable debería repensar el diseño de sus recintos y consecuentemente en el impacto que produce en el entorno, de tal forma a dar un ejemplo a sus estudiantes y promover una cultura de sostenibilidad. Las propuestas que se presentaron están basadas en las estrategias estudiadas a lo largo del módulo. Si bien existen varios factores que se pueden tener en cuenta para hacer un análisis mucho más exhaustivo lo que pudimos ver es como a simple vista uno puede identificar áreas de oportunidad para proponer estrategias o sistemas ya estudiados, ya que esta maestría se inscribe en el marco de la denominada “educación continua”, que ha pasado a ser una forma de mantener actualizados los conocimientos y repensar en cómo hacer que el planeta sea a su vez mas sostenible.

“Esta es una tendencia que viene muy fuerte. Ya se está convirtiendo en la meta de muchos desarrollos inmobiliarios en el mundo, pero requiere un cambio de paradigma y soluciones que sean restaurativas y regenerativas”

El proceso para involucrarse en la bioconstrucción inicia con un diseño óptimo, con apostar por la arquitectura bioclimática, y tener una selección más consciente de materiales.

Posteriormente se puede ir más allá, y equipar con sistemas de alta eficiencia y de generación de energía renovable. (Ulises Treviño, director de bioconstrucción y energía alternativa) Se describen de acuerdo a los objetivos del trabajo.

Bibliografía:

- Autores Varios, 2011, “Guía Del Estándar Passivhaus”, Edificios de Consumo energético casi nulo, Madrid.
- Autores Varios, julio 2009, “Eficiencia Energética”, Grupo de trabajo creativo, Barcelona.
- Bajcinovci B., December 2016, “Environmental and Climate Technologies”, vol. 18, pp. 54–63, Achieving Energy Efficiency in Accordance with Bioclimatic Architecture Principles, Faculty of Civil Engineering and Architecture, University of Prishtina, FNA, Bregui Diellit p.n, 10000 Prishtina, Kosovo
- Barranco O., Recibido: 21 de noviembre de 2014. Aceptado: 25 de febrero de 2015, “La arquitectura bioclimática”, Artículo de Investigación - Universidad del Atlántico Barranquilla, Colombia.
- Blasco L. “Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente”, Vol. 12, 2008, Aportes de la arquitectura sustentable en el sector residencial sobre el balance energético-ambiental argentino, asades. Impreso en la Argentina. ISSN 0329-5184
- Britto Correa C., “Adequação do projeto de arquitetura ao meio ambiente natural” Arquitetura bioclimática: (sf).
- Celis D´Amico F., noviembre 2000, “Arquitectura bioclimática, conceptos básicos y panorama actual”, Boletín: “Hacia una arquitectura y un urbanismo basados en criterios bioclimáticos” Edita: Instituto Juan de Herrera. Av. Juan de Herrera 4. 28040 MADRID ESPAÑA. ISSN: 1578-097X.

- De Oliveira L., 2006 “Arquitetura Bioclimática e a Obra de Severiano Porto: Estratégias de Ventilação natural”, Dissertação apresentada a Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo.
- Dantas J.; Cândido L.; Barros J., Setembro de 2016 “Sinergia entre Construção verde, Construção enxuta e BIM para internacionalização da construção: uma revisão sistemática da literatura”, XVI encontro nacional de tecnologia do ambiente construído, Desafios e Perspectivas da Internacionalização da Construção”, São Paulo.
- Domínguez A, Soria F.J, junio 2004, “Pautas de diseño para arquitectura sostenible”, Ediciones UPC.
- Duré S. “Generación de Energías Tradicionales y alternativas”, 2019, Trabajo de Investigación para clase Virtual Universidad Siglo 21. Asunción - Paraguay
- Guerra Menjívar M. R., mayo de 2013, “Arquitectura Bioclimática como parte fundamental para el ahorro de energía en edificaciones”, Editorial Universidad Don Bosco, año 3, No.5, Reporte de Investigación 123.
- Hernández Moreno, S.; Delgado Hernández, D., abril 2018, “Manejo sustentable del sitio en proyectos de arquitectura; criterios y estrategias de diseño”. Quivera Revista de Estudios Territoriales, Disponible en: <https://quivera.uaemex.mx/article/view/10210>. Fecha de acceso: 25 feb. 2020.
- Hernández Moreno S., Agosto 2008, “El Diseño Sustentable como Herramienta para el Desarrollo de la Arquitectura y Edificación en México” Universidad de Guanajuato, Vol. 18 no. 2.
- Linares Llamas P., Abril 2009 “Eficiencia energética y medio ambiente”, Economía y Medio Ambiente, ICE.

Domínguez L. A., Soria F.J, Junio 2004, “Pautas de diseño para arquitectura sostenible”.

Edicions UPC.

Matesanz Parellada A., Setiembre 2008 “Eficiencia Energética”, Lámina 1. Relación entre

Directivas Europeas e iniciativas de la Administración Española, página web:

<http://habitat.aq.upm.es/temas/a-eficiencia-energetica.html>.

Neila J., octubre 2000, “Arquitectura bioclimática en un entorno sostenible: buenas prácticas

edificatorias, Hacia una arquitectura y un urbanismo basados en criterios bioclimáticos”,

Edita: Instituto Juan de Herrera. Av. Juan de Herrera. Madrid – España

Pedroso D., Guilherme L., Cattelan R., Barros da S. A., Mohamad G., abril 2016. “Cobertura

verde: um uso sustentável na Construção civil - Green roof: sustainable use in

construction” Artículo.

Real Academia Española: “Etimología de la palabra” Página web:

https://dle.rae.es/eficiencia?m=30_2

Sánchez B. - Montañes M., “Arquitectura bioclimática: Conceptos y técnicas”, (sf), Revista

Digital y Editorial: Eco Habitar. Página Web: [https://ecohabitar.org/arquitectura-](https://ecohabitar.org/arquitectura-bioclimatica-conceptos-y-tecnicas/)

[bioclimatica-conceptos-y-tecnicas/](https://ecohabitar.org/arquitectura-bioclimatica-conceptos-y-tecnicas/).

Soler y Palau, Publicado en agosto 09, 2018 “¿Qué es la arquitectura bioclimática? Casas

eficientes y ecológicas”, Pagina Web:

<https://www.solerpalau.com/eses/blog/arquitectura-bioclimatica/>

Trebilcock M., diciembre 2009 “Proceso de Diseño Integrado: nuevos paradigmas en

arquitectura sustentable”, arquiteurarevista - Vol. 5, n° 2:65-75 Depto. Diseño y Teoría

de la Arquitectura. Universidad del Bío-Bío, Avda. Collao 1202, Concepción, Chile.

Viceministerio de Minas y Energía, “*Plan Nacional de Eficiencia Energética de la Republica de Paraguay*”, Publicado: lunes 06 de julio de 2015. Página Web:

https://www.ssme.gov.py/vmme/index.php?option=com_content&view=article&id=1732

Urbano M., Ciurana Josep M., 13 abril, 2012, “Ahorro y eficiencia energética”, Arquitectura, Bioclimatismo, Jardín Ecológico, Página: BiU arquitectura y paisaje.

Structuralia, 21 Mayo 2019, ¿Que entendemos por arquitectura Bioclimática?, Página:

<https://blog.structuralia.com/que-entendemos-por-arquitectura-bioclimatica>

Duré S., 2020, “Mapa Conceptual: Parámetros Físicos que se deben considerar en la arquitectura Bioclimática” Asunción Paraguay

Arquitectura Sostenible, Publicado el 11 septiembre 2018, “La arquitectura bioclimática: diseñar edificios en función de las condiciones del entorno” Página:

<https://arquitectura-sostenible.es/la-arquitectura-bioclimatica-disenar-edificios-en-funcion-de-las-condiciones-del-entorno/>

Sala de prensa Anáhuac Noticias, 06 de febrero del 2019, “Excelencia académica Arquitectura bioclimática para salvar al planeta” Página:

<https://merida.anahuac.mx/noticias/arquitectura-bioclimatica-para-salvar-al-planeta>

C. Carrasco y D. Morillón, 2004, “Adecuación bioclimática de la vivienda de interés social del noroeste de México con base al análisis térmico de la arquitectura vernácula”, Vol.8, N° 1.

Cordero X., Guillen V., 10 de Febrero 2013, “Diseño y validación de vivienda bioclimática para la ciudad de Cuenca.

Hernández Moreno S., 2010, Delgado Hernández D., Manejo sustentable del sitio en proyectos de arquitectura; Criterios y estrategias de diseño, Quivera.

Eco inventos, abril 2020, “Dallas planta árboles en las rutas estudiantiles para reducir las islas de calor”, <https://ecoinventos.com/arboles-rutas-estudiantiles-reducir-islas-de-calor/>

Four Square. 2009, Blog de Fotografías Universidad Americana,
<https://es.foursquare.com/v/universidadamericana/4c65d96619f3c9b6f7669eff/photos>

Arquitectos.com, 2009, Blog estudiantes de Arquitectura, Universidad Americana
<https://arquitectos.com.py/2009/01/3d-ampliacion-ala-post-grado/>

Hildebrandt Gruppe, 07/12/2015, “Eficiencia energética - Elementos que definen el confort higrotérmico en un edificio”, Página:

<http://www.hildebrandt.cl/elementos-que-definen-elconfort-higrotermico-en-un-edificio/>

Programa informático Google Earth.

Quiles P.V, Aguilar F.C., 21/03/2013, Funcionamiento de un equipo de aire acondicionado híbrido con conexión simultánea a red y a paneles fotovoltaicos, Dpto. de Ingeniería Mecánica y Energía, Universidad Miguel Hernández.

Ríos Silvio y Gill Emma marzo del 2020, Autoclimatización Aspectos técnicos de la transmisión de la energía en la edificación, Cátedra libre de Autoclimatización y Vivienda, Asunción.

Nergiza, 08/08/2012, ¿Cuánta energía se escapa de tu cuerpo en forma de calor?, Página
<https://nergiza.com/cuanta-energia-se-escapa-de-tu-cuerpo-en-forma-de-calor/>

Vázquez L. noviembre 2015, Energía solar, Fotovoltaica y térmica, Diferencias y aplicaciones.

Página web: <http://www.diariodeciencias.com.ar/energia-solar-fotovoltaica-y-termica-diferencias-y-aplicaciones/>

Twenergy, 24 junio, 2019, Ecología y reciclaje, Medio ambiente, Jardines verticales: paredes y techos verdes para una ciudad más sostenible, Página:

<https://twenergy.com/ecologia-y-reciclaje/medio-ambiente/jardines-verticales-paredes-y-techos-verdes-para-una-ciudad-mas-sostenible-1279/>

Planas O, Última revisión: 2 de junio de 2020, Energía solar pasiva. Técnicas, ventajas y ejemplos, Ingeniero Técnico Industrial especialidad en mecánica, Página: Energía Solar, <https://solar-energia.net/que-es-energia-solar/energia-solar-pasiva>

Roper, L. David, 2009, World Photovoltaic Energy, Swanson, R. M. Photovoltaics Power Up “Photovoltaic Effect” Mrsolar.com, “The photovoltaic effect” Encyclobeamia.solarbotics.net.

“La fotovoltaica ya se codea en costes con la nuclear”. El periódico de la energía.

Aquae.org, Diferencias entre solsticio y equinoccio, España – Madrid. Página:

<https://www.fundacionaquae.org/que-es->

Paisajismo Urbano, Diseño y construcción de ecosistemas verticales, España, Página:

www.paisajismourbano.com

López B. Tara, Trabajo final de grado, jardines verticales departamento de construcciones arquitectónicas, Escuela técnica superior de arquitectura, Valencia España

Ávila M., 05 de marzo 2014, Edificios: Protección solar en fachada, Página: ArchDaily,

[https://www.archdaily.co/co/02-341756/edificios-proteccion-solar-en-](https://www.archdaily.co/co/02-341756/edificios-proteccion-solar-en-fachadas?ad_source=search&ad_medium=search_result_all)

[fachadas?ad_source=search&ad_medium=search_result_all](https://www.archdaily.co/co/02-341756/edificios-proteccion-solar-en-fachadas?ad_source=search&ad_medium=search_result_all)

Martínez Pita I, 25 mayo, 2019, Ecosistemas verticales, nueva forma de crear paredes verdes en

las ciudades, Madrid, Página: [https://www.efeverde.com/noticias/ecosistemas-verticales-](https://www.efeverde.com/noticias/ecosistemas-verticales-nueva-forma-crear-paredes-verdes-ciudades-2/)

[nueva-forma-crear-paredes-verdes-ciudades-2/](https://www.efeverde.com/noticias/ecosistemas-verticales-nueva-forma-crear-paredes-verdes-ciudades-2/)

Norma paraguaya INTN NP 55 001 14, diciembre 2014 - Primera edición, Construcción sostenible Sitio y Arquitectura. Requisitos Generales.

Carbonell M, 9 de noviembre de 2020, Radiación solar: directa e indirecta - Hogar Sense.

López Vallés A., Curso 2017-2018. “Estudio y análisis de parámetros Bioclimáticos. Caso práctico: las Fachadas del edificio c1 de la escuela Técnica superior de ingeniería de la Edificación de la upv”, Departamento de construcciones arquitectónicas.

Ovacen, “Forma de la arquitectura incentivada por la eficiencia energética”, Paisajismo

<https://ovacen.com/forma-de-la-arquitectura-incentivada-por-la-eficiencia-energetica/>

Delbene C. A., Compagnoni Ana M., 2017, Diseño Bioambiental: El sitio, el clima, y el paisaje como herramienta., Jornada de Construcción Sustentable, Buenos Aires Argentina.

https://www.buenosaires.gob.ar/sites/gcaba/files/tomo_1-diseno_bioambiental_1.pdf

Fernández Blanco E., 06 de agosto 2015, Construcción sostenible: Toda una gama de métodos para generar y ahorrar energía II. Página:

<http://inargadia.jstarquitectura.es/?tag=arquitectura-bioclimatica>

Ríos S. 2018, Isla de calor, para un seminario de sostenibilidad en Asunción

Wenninger G. Carolina, 2017, Análisis del confort ambiental de dos edificaciones con Parámetros ambientales en Asunción, Paraguay.

Ordoñez García A., 8 de setiembre 2019, Arquitectura Bioclimática ¿Un concepto pasado de moda? Página: <https://www.seiscubos.com/blog/vigencia-arquitectura-bioclimatica>

Ediclíma, Bienestar térmico, Instalación de Sistemas de Climatización. Página:

<https://www.ediclima.es/bienestar-termico/>

Arq. Villalba Analía, 2021, Maestría en Investigación del Hábitat y la vivienda sustentable, Universidad Americana, Asunción Paraguay.

Koenigsberger, Ingersoll, Mayhew, Szokolay, 2015, Vivienda y edificios en zonas cálidas y tropicales, Madrid.

Arnabat I, 25 de abril de 2016, ¿Cómo funciona el aire acondicionado? Infografía, Página:

caloryfrio.com,

<https://www.caloryfrio.com/aire-acondicionado/como-funciona-el-aire-acondicionado-infografia.html>

Sempergreen.com, Beneficios de un jardín vertical, Página:

<https://www.sempergreen.com/es/soluciones/fachadas/beneficios-de-un-jardin-vertical#:~:text=Un%20jard%C3%ADn%20vertical%20ofrece%20numerosos,parte%20de%20la%20construcci%C3%B3n%20bioclim%C3%A1tica.>

Beneficios de la instalación de los jardines verticales y ecosistemas verticales en las ciudades

Página: <https://www.ecoyaab.com/beneficiosjardinesverticales>